

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-068199

(43)Date of publication of application : 11.03.1997

(51)Int.Cl.

F04D 29/38

(21)Application number : 07-224093

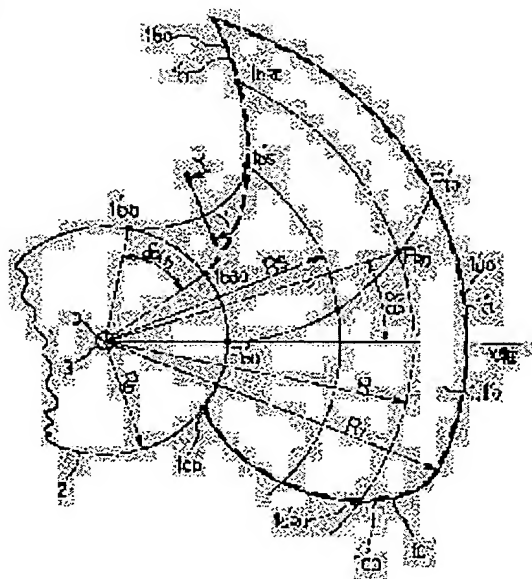
(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 31.08.1995

(72)Inventor : IKEDA HISAFUMI  
YOSHIDA TAKAYUKI  
OTSUTA KATSUHISA  
HIRONAKA YASUO**(54) AXIAL BLOWER AND AIR CONDITIONER****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable an axial blower to broaden particularly its aerodynamic performance to a limit, relating to the axial blower used in a ventilating fan, air conditioner, etc.

**SOLUTION:** This axial blower is provided with a boss part 2 rotated by mounting a blade 1 and the blade constituting the periphery from a blade leading edge part facing the direction of rotation, from a blade trailing edge part facing an opposite direction of rotation and from a blade peripheral part opposed to the boss part. In a projection drawing projecting the axial blower to a plane orthogonal to a rotary shaft of axial blower the rotary shaft serves as an origin O, and a straight line O-1bs' connecting the origin O to an arbitrary point 1bs' on the blade leading edge part is rotated in the direction of rotation with the origin O serving as the center. A blade shape is formed by connecting an intersection 1bb', between this straight line O-1bs' and a boss part side surface which is a boss part radius, and a tangent in the point 1bs' by an arbitrary curve such as being a hollow relating to the direction of rotation, so as to provide a blade leading edge part.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 04.09.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2932975

[Date of registration] 28.05.1999

(11)特許出願公開番号

特開平9-68199

(43)公開日 平成9年(1997)3月11日

(51) Int. CL<sup>6</sup>  
F O 4 D 29/38

鑑別記号	片内整理番号
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

FI  
FO4D 29/38

技術表示箇所

A  
C

審査請求 未請求 請求項の数18 O.L. (全 41 頁)

(21) 出庫番号 特庫平7-224093

(22) 出題日 平成7年(1995)8月31日

(71)出座人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 宛明者 拙田 尚史

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

發電機株式會社內

(72) 発明者 宮田 孝行

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

荳亀機株式会社内

(72)發明者 大森 勝久

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

荻電機株式会社内

(74)代理人 弁護士 宮田 金規 (外3名)

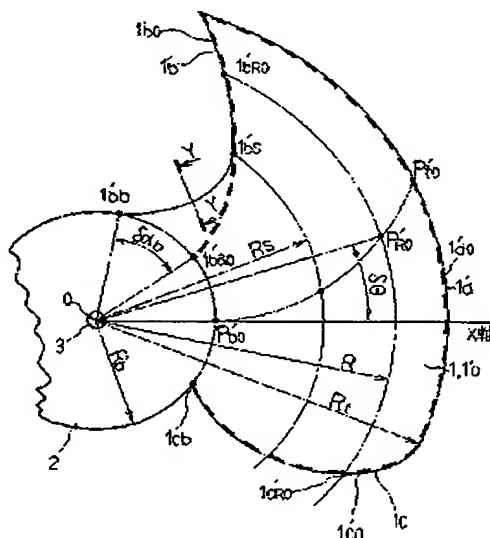
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 軸流送風機、空気調和機

(57)【要約】

【課題】 換気扇やエアコンなどに用いられる軸流送風機に係り、特にその空力性能を極限まで広くすることを可能にした軸流送風機に関するものである。

【解決手段】 羽根1を取り付けて回転するボス部2と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、および上記ボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の内回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、回転軸を原点Oとし、原点Oと羽根前縁部上の任意の点1b's'とを結ぶ直線O-1b's'を原点Oを中心に戻転方向に回転させ、この直線O-1b's'とボス部半径であるボス部側面との交点1b'b'と前記1b's'における接線を回転方向に対し、凹となるような任意曲線で結び羽根前縁部とするように羽根形状を形成する。



(2)

特開平9-68199

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転するボス部に取りつけられ、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、及び上記ボス部に対向する羽根外周部により周囲が構成される羽根と、

上記羽根前縁部の前記ボス部寄りに沿って一辺が、上記羽根前縁部に隣接した上記ボス部の外周に沿って他辺が配置されるとともに、少なくとも上記羽根前縁部または上記ボス部のいずれか一方に取りつけられて上記羽根に一体に形成される、厚みがほぼ羽根厚と同一の板状部材と、を備えたことを特徴とする軸流送風機。

【請求項2】 回転の軸中心を原点 $O$ とし、任意半径における羽根前縁部上の点 $1bs'$ との半径 $O-1bs'$ を回転方向に角度 $\beta$ 回転させたときのボス部外周上との交点を $1bb'$ として、板状部材が上記 $1bs'$ と上記 $1bb'$ とを通るようなほぼ三角形の形状としたことを特徴とする請求項1記載の軸流送風機。

【請求項3】 回転の軸中心を原点 $O$ とし、任意半径における羽根前縁部上の点 $1bs'$ との半径 $O-1bs'$ を回転方向に角度 $\beta$ 回転させたときのボス部外周上との交点を $1bb'$ として、板状部材の他辺が羽根前縁部とこの $1bb'$ との間に配置される際、上記角度 $\beta$ を $10 \sim 40$ 度を選択したことを特徴とする請求項1記載の軸流送風機。

【請求項4】 回転の軸中心を原点 $O$ とし、任意半径における羽根前縁部上の点 $1bs'$ とし、羽根外周部半径を $Rt$ として、板状部材の一辺が羽根前縁部の $1bs'$ とボス部との間に配置される際、半径 $O-1bs'$ を上記羽根外周部半径 $Rt$ の $40 \sim 75\%$ を選択したことを特徴とする請求項1記載の軸流送風機。

【請求項5】 板状部材は、羽根前縁部に回転方向から密着して取り付けられることを特徴とする請求項1記載の軸流送風機。

【請求項6】 回転するボス部に取りつけられ、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、及び上記ボス部に対向する羽根外周部により周囲が構成される羽根と、

上記羽根前縁部の前記ボス部寄りに沿って一辺が、上記羽根前縁部に隣接した上記ボス部の外周に沿って他辺が配置されるとともに、少なくとも上記羽根前縁部または上記ボス部のいずれか一方に取りつけられて上記羽根に一体に形成される、厚みがほぼ羽根厚と同一の板状部材であって、回転の軸中心を原点 $O$ とし、任意半径における上記羽根前縁部上の点 $1bs'$ とし、前記 $1bs'$ と原点 $O$ との半径 $O-1bs'$ を回転方向に角度 $\beta$ 回転させたときの上記ボス部外周上との交点を $1bb'$ として、上記 $1bs'$ と $1bb'$ とを通るような板状部材と、を備え、上記角度 $\beta$ を $10 \sim 40$ 度を選択し、半径 $O-1bs'$ を上記羽根外周部半径 $Rt$ の $40 \sim 75\%$ を選択したことを特徴とする軸流送風機。

2

【請求項7】 回転するボス部に取りつけられ、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、及び上記ボス部に対向する羽根外周部により周囲が構成される羽根と、

回転の軸中心を原点 $O$ とし、任意半径における上記羽根前縁部上の点 $1bs'$ との半径 $O-1bs'$ を回転方向に角度 $\beta$ 回転させたときの上記ボス部外周上との交点を $1bb'$ として、上記 $1bs'$ と上記 $1bb'$ とを通るような形状に上記羽根前縁部の上記ボス部寄り部分を回転方向に延長させた羽根形状と、を備え、上記角度 $\beta$ を $10 \sim 40$ 度を選択したことを特徴とする軸流送風機。

【請求項8】 半径 $O-1bs'$ を羽根外周部半径 $Rt$ の $40 \sim 75\%$ を選択したことを特徴とする請求項7記載の軸流送風機。

【請求項9】 個々の羽根に対し角度 $\beta$ を変化させた複数の羽根を有することを特徴とする請求項2または3または6または7または8項記載の軸流送風機。

【請求項10】 個々の羽根に対し半径 $O-1bs'$ を変化させた複数の羽根を有することを特徴とする請求項2または3または4または6または7または8または9項記載の軸流送風機。

【請求項11】 羽根前縁部のボス部より部分を回転方向延長させた羽根形状を、 $1bs'$ 及び $1bb'$ における接線を回転方向に対し、凹となるような曲線で結び上記羽根前縁部とするように形成したことを特徴とする請求項2または3または4または6または7または8項記載の軸流送風機。

【請求項12】 羽根前縁部とボス部との接続部を羽根外周部半径の $15 \sim 35\%$ の大きさの半径とする回転方向に対し凹となるような曲線で結び、羽根前縁部とするように羽根形状を形成したことを特徴とする請求項1ないし11のうちのいずれか1項記載の軸流送風機。

【請求項13】 羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、および上記ボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根と、回転の軸中心を原点 $O$ とし、原点 $O$ と羽根前縁部上の任意の点 $1bs'$ とを結ぶ直線 $1bs'-O$ を原点 $O$ を中心に回転方向に回転させたときの、直線 $1bs'-O$ とボス部半径であるボス部側面との交点 $1bb'$ と前記点 $1bs'$ における接線を回転方向に対し、凹となるような任意曲線で結び羽根前縁部とするように羽根形状を形成したことを特徴とする軸流送風機。

【請求項14】 回転の軸中心を原点 $O$ とし、羽根の付け根の羽根前縁部上の点 $1baO'$ と原点 $O$ を結んだ直線 $1baO'-O$ を、原点 $O$ を中心に回転方向に $20 \sim 50^\circ$ の間である角度 $\alpha$ 分回転させた時のボス部半径 $Rb$ の点 $1bb'$ と羽根外周部半径の $40 \sim 70\%$ の半径 $Rs$ をもつ羽根前縁部上の点 $1bs'$ の間の形状を、前記羽根前縁部を基準として、前記羽根のボス部

(3)

特開平9-68199

3

半径Rbである羽根前縁部上の点1ba'から前記角度 $\delta\alpha b$ 分回転方向に回転させたときのボス部半径Rbの羽根前縁部上の点1bb'の間に存在するボス部半径Rb~半径Rsの間の半径Rcの点1bC'と原点Oを結んだ直線1bC'-Oと直線1ba'-Oとのなす角度を示す $\delta\alpha$ の半径方向分布を

$$\delta\alpha = (\delta\alpha b / (Rb - Rs) 2) \times (R - Rs) 2 \quad (Rb \leq R \leq Rs)$$

で与え、前記羽根と連続するように、羽根前縁部上の点1bs'よりボス部寄り部分の羽根前縁部を回転方向に延長し、羽根形状を形成したことを特徴とする請求項1記載の軸流送風機。

【請求項15】 回転の軸中心を原点Oとし、ベースの羽根1O'のボス部半径Rbにおける羽根前縁部上の点1baO'と原点Oを結んだ直線1baO'-Oを、原点Oを中心に回転方向に20°~50°の間である角度 $\delta\alpha b$ 分回転させた時の点を羽根前縁部上延長終点1bb'としたとき、羽根を任意半径Rの円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、前記羽根1O'とそり角 $\theta$ 、食い違い角 $\xi$ が同一のまま、ボス部半径Rbでの翼弦を、前記点1bb'まで延長し、このときの前記羽根1O'のボス部半径Rbにおける翼弦長LbO'と前記点1bb'~羽根後縁部1Cb'までの翼弦長Lb、この差を $\Delta Lb$ とし、羽根外周部半径の40°~60°の半径Rsでの羽根前縁部上の点1bs'での翼弦長LSとすると、ボス部半径Rbから前記羽根前縁部上の点1bs'までの翼弦長Lの半径方向分布を

$$L = \Delta Lb / (Rs - Rb) 2 \times (R - Rs) 2 + Ls \quad (Rb \leq R \leq Rs)$$

で与え、羽根形状を形成したことを特徴とする請求項1記載の軸流送風機。

【請求項16】 軸流送風機の羽根を任意半径Rの円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、その羽根断面におけるそり線の形状を円弧形状とし、その円弧を形成するための中心角を $\theta$  ( $\theta$ :そり角)とした場合、 $\theta$ の半径方向分布を $\theta = (\theta t - \theta b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \theta b$  ( $\theta t$ :羽根外周部でのそり角、 $\theta b$ :羽根ボス部半径Rbにおけるそり角)で与え、 $\theta t = 25^\circ \sim 35^\circ$ 、 $\theta b = 30^\circ \sim 55^\circ$ 、 $\theta t < \theta b$ とし、

上記展開図において、羽根の翼弦線と上記回転軸と平行で上記羽根の前縁部を通る直線とのなす角度を $\xi$  ( $\xi$ :食い違い角)とすると、 $\xi$ の半径方向分布を、 $\xi = (\xi t - \xi b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \xi b$  ( $\xi t$ :羽根外周部での食い違い角 $\xi$ 、 $\xi b$ :ボス部半径Rbにおける食い違い角)で与え、 $\xi t = 55^\circ \sim 70^\circ$ 、 $\xi b = 40^\circ \sim 65^\circ$ 、 $\xi t > \xi b$ とし、

さらに、翼弦長L、羽根間の円周方向距離(ピッチ)であるTとの比で定義される節弦比T/Lの値を、各半径点においてT/L=1.1~2.0とし、

4

かつ上記回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、上記羽根のボス部半径Rbの円筒面で切断したときの断面における翼弦線中心点をPb'とし、上記回転軸を原点Oとして、上記O点とPb'点とを結ぶ直線をX軸とした座標系で、上記羽根を任意半径Rの円筒面で切断した時の翼弦線中心点をPr'として、直線Pr'-Oと上記X軸とのなす角度を $\delta\theta$  ( $\delta\theta$ :回転方向前角)とした場合、 $\delta\theta$ の半径方向分布を

$$\delta\theta = \delta\theta t \times (R - Rb) / (Rt - Rb)$$

( $Rt$ :羽根外周部半径、 $Rb$ :羽根ボス部半径、 $\delta\theta t$ :直線Pt'-OとX軸のなす角度)で与え、 $\delta\theta t$ を25°~40°とし、まず羽根形状を形成し、この時の羽根の付け根の羽根前縁部上の点1ba'と原点Oを結んだ直線1ba'-Oを、原点Oを中心に回転方向に20°~50°の間である角度 $\delta\alpha b$ 分回転させた時のボス部半径Rbの点1bb'と羽根外周部半径の40°~70°の半径Rsをもつ羽根前縁部上の点1bs'の間の形状を、前記羽根前縁部を基準として、前記羽根のボス部半径Rbである羽根前縁部上の点1ba'から前記角度 $\delta\alpha b$ 分回転方向に回転させたときのボス部半径Rbの羽根前縁部上の点1bb'の間に存在するボス部半径Rb~半径Rsの間の半径Rcの点1bC'と原点Oを結んだ直線1bC'-Oと直線1ba'-Oとのなす角度を示す $\delta\alpha$ の半径方向分布を

$$\delta\alpha = (\delta\alpha b / (Rb - Rs) 2) \times (R - Rs) 2 \quad (Rb \leq R \leq Rs)$$

で与え、前記羽根と連続するように、羽根前縁部上の点1bs'よりボス部寄り部分の羽根前縁部を回転方向に延長し、羽根形状を形成したことを特徴とする請求項1記載の軸流送風機。

【請求項17】 軸流送風機の羽根を任意半径Rの円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、その羽根断面におけるそり線の形状を円弧形状とし、その円弧を形成するための中心角を $\theta$  ( $\theta$ :そり角)とした場合、 $\theta$ の半径方向分布を $\theta = (\theta t - \theta b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \theta b$  ( $\theta t$ :羽根外周部でのそり角、 $\theta b$ :羽根ボス部半径Rbにおけるそり角)で与え、 $\theta t = 25^\circ \sim 35^\circ$ 、 $\theta b = 30^\circ \sim 55^\circ$ 、 $\theta t < \theta b$ とし、

上記展開図において、羽根の翼弦線と上記回転軸と平行で上記羽根の前縁部を通る直線とのなす角度を $\xi$  ( $\xi$ :食い違い角)とすると、 $\xi$ の半径方向分布を、 $\xi = (\xi t - \xi b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \xi b$  ( $\xi t$ :羽根外周部での食い違い角 $\xi$ 、 $\xi b$ :ボス部半径Rbにおける食い違い角)で与え、 $\xi t = 55^\circ \sim 70^\circ$ 、 $\xi b = 40^\circ \sim 65^\circ$ 、 $\xi t > \xi b$ とし、

かつ上記回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、上記羽根のボス部半径Rbの円筒面で切断したときの断面における翼弦線中心点をPbO'と

50

(4)

特開平9-68199

5

し、上記回転軸を原点Oとして、上記O点とPbO'点とを結ぶ直線をX軸とした座標系で、上記羽根を任意半径Rの円筒面で切断した時の翼弦線中心点をPRO'として、直線PRO'-Oと上記X軸とのなす角度を $\delta\theta$  ( $\delta\theta$ :回転方向前角)とした場合、 $\delta\theta$ の半径方向分布を

$$\delta\theta = \delta\theta t \times (R - Rb) / (Rt - Rb)$$

(Rt:羽根外周部半径、Rb:羽根ボス部半径、 $\delta\theta t$ :直線PtO'-OとX軸とのなす角度)で与え、 $\delta\theta t$ を25~40°とし、

さらに、翼弦長LO、羽根間の円周方向距離(ピッチ)であるTとの比で定義される節弦比T/LOの値を、各半径点においてT/LO=1.1~2.0とし、まず羽根形状1O'を形成し、

前記投影図において、羽根1O'のボス部半径Rbにおける羽根前縁部上の点1baO'と原点Oを結んだ直線1baO'-Oを、原点Oを中心に回転方向に20~50°の間である角度 $\alpha b$ 分回転させた時の点を羽根前縁ボス部延長終点1bb'としたとき、羽根を任意半径Rの円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、前記羽根1O'とそり角 $\theta$ 、食い違い角 $\phi$ が同一のまま、ボス部半径Rbでの翼弦を、前記点1bb'まで延長し、このときの前記羽根1O'のボス部半径Rbにおける翼弦長LbO'と前記点1bb'~羽根後縁部1Cbまでの翼弦長Lb、この差を $\Delta Lb$ とし、羽根外周部半径の40~60%の半径Rsでの羽根前縁部上の点1bsでの翼弦長LSとすると、ボス部半径Rbから前記羽根前縁部上の点1bsまでの翼弦長Lの半径方向分布を

$$L = \Delta Lb / (Rs - Rb) \times 2 \times (R - Rs) + LS \quad (Rb \leq R \leq Rs)$$

で与え、羽根形状を形成したことを特徴とする請求項1記載の軸流送風機。

【請求項18】 請求項1ないし17のうちのいずれか1項記載の軸流送風機を使用したことを特徴とする空気調和機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、家庭用、工業用などの空気調和装置等に広く用いられる軸流送風機に關して、特に空力騒音を極限まで低くすることを可能にした軸流送風機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】送風機は、空調機や換気扇等に幅広く使われており、その羽根車から発生する騒音をできる限り低くすることは、社会的にも非常に重要である。従来技術の中で、低騒音化を図る手法としては、特公平2-2000号公報に見られるように、羽根車の3次元形状を決めるパラメータを明らかにし、形状を最適化することによるものであった。図97は特公平2-2000号公

6

報に示された従来の羽根車を示す斜視図である。図において1は羽根車の羽根、1aは羽根先端部、1bは羽根前縁部、1cは羽根後縁部、1dは羽根外周部、2は羽根を取り付けるボス部、3は回転軸、4は回転方向である。

【0003】また、図98は回転軸3と直交する平面に羽根車を投影したときの投影図で、1'は平面投影図における羽根、1a'は平面投影図における羽根先端部、1b'は平面投影図における羽根前縁部、1c'は平面投影図における羽根後縁部、1d'は平面投影図における羽根外周部である。また図100は図99におけるボス部翼弦線中心点Pb'から外周部翼弦線中心点Pt'までの半径方向への軌跡Pb'-PR'-Pt'について、任意の半径Rにおける翼弦線中心点PRを平面OX面に半径Rで回転投影した翼弦線中心点PRの半径方向分布、および羽根1の同一位置での断面を示している。また図100は、翼弦線中心点PRを相対的な原点として羽根面を形成したとき、羽根1を半径Rの円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図で、5はそり線、5aは羽根負圧面、5bは羽根圧力面、6は回転軸平行線である。

【0004】この羽根車において、羽根1を構成する諸因子を明確にすることにより羽根1の3次元曲面形状を具体化に定義している。図98における回転軸と直交する平面に羽根車を投影したときの投影面において、上記羽根のボス部を半径Rbの円筒面で切断したときの断面における翼弦線中心点をPb'とし、上記回転軸を原点Oとして、上記O点とPb'点とを結ぶ直線をX軸とした座標系で、上記羽根を半径Rの円筒面で切断したときの翼弦線中心点をPR'として、直線Pb'-Oと上記X軸とのなす角度を $\delta\theta$  ( $\delta\theta$ :回転方向前角)とした場合、 $\delta\theta$ の半径方向分布を $\delta\theta = \delta\theta t \times (R - Rb) / (Rt - Rb)$  (Rt:羽根チップ半径、Rb:羽根ボス部半径、 $\delta\theta t$ :直線PR'-OとX軸とのなす角度)で与え、 $\delta\theta t = 40^\circ \sim 50^\circ$ とし、かつ図98において、回転軸を中心とする半径Rの円筒面で羽根車を切断したときの断面における翼弦線中心点PRと、羽根のボス部を半径Rbの円筒面で切断したときの断面における翼弦線中心点Pbを通り、上記回転軸と直交する平面SCとの距離をLsとしたとき、気流の吸込側を正方向とした座標系において上記翼弦線中心点PRを上記SC平面に対して常に正方向に位置させ、 $\delta Z = \tan^{-1} (Ls / (R - Rb))$  ( $\delta Z$ :吸込方向前傾角)で表現できる $\delta Z$ の値を $\delta Z = 12.5^\circ \sim 32.5^\circ$ とし、

【0005】かつ図100において、羽根を半径Rの円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、その羽根断面におけるそり線の形状を円弧形状とし、その円弧形状を形成するための中心角を $\theta$  ( $\theta$ :そり角)とした場合、 $\theta$ の半径方向分布を $\theta$

(5)

特開平9-68199

7

$$= (\theta t - \theta b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \theta b$$

$$(\theta t: \text{羽根チップでのそり角}, \theta b: \text{羽根ボス部でのそり角})$$
 で与え、 $\theta t = 20^\circ \sim 30^\circ$ 、 $\theta b = 27^\circ \sim 37^\circ$ 、 $\theta t < \theta b$  とし、また、羽根の取付位置はその弦線  $1b-1c$  と、回転軸3と平行で羽根前縁部1bを通る直線6とのなす角度を食い違い角 $\epsilon$ とした場合、 $\epsilon$ の半径方向分布を、 $\epsilon = (\epsilon t - \epsilon b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \epsilon b$  ( $\epsilon t$ : 羽根チップでの食い違い角、 $\epsilon b$ : 羽根ボス部での食い違い角) で与え、 $\epsilon t = 62^\circ \sim 72^\circ$ 、 $\epsilon b = 53^\circ \sim 63^\circ$ 、 $\epsilon t > \epsilon b$  とし、さらに、この図100におけるLは弦長であり、図101に示した羽根間の円周方向距離Tを用いた係数  $T/L$  で羽根の大きさを限定しており、各半径の点において  $T/L = 1 \sim 1.1$  としている。このような3次元曲面形状の羽根車にすることにより、羽根面上の境界面の発達が抑制されたり、放出渦の状態が変化するため、ある程度広い動作領域にわたり、相当低騒音の軸流送風機となっていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の軸流送風機は以上のような低騒音の特徴を有しているが、風量が多く、風圧がさほどかからない動作点付近では、図102に示すように羽根前縁ボス部付近では吸い込む空気が羽根の負圧面側へ衝突し、羽根負圧面上の流れに乱れを発生させ圧力変動をもたらし、騒音増大するという問題があった。また、吸込流れの圧損が大きいとき、すなわち吸込口側にホコリ等が付着し、吸込みにくくなったときなどには、羽根負圧面上では羽根前縁付近で流れの剥離現象が生じ、大きな乱れを含んだ流れが羽根負圧面上を流れるため大きな圧力変動が生じ、騒音が増大するという問題点があった。

【0007】さらに従来の軸流送風機の羽根は強度上、羽根前縁ボス部付近の板厚を一部厚くすることにより応力集中を逃がす傾向にあった。そのため、羽根前縁部が局部的に厚くなることにより、流れがこの板厚の厚い羽根前縁ボス部に衝突し、それにより生じた乱れが羽根面上の流れに乱れを与え、圧力変動の増大を招き、騒音が悪化する傾向にあった。本発明は、上記のような問題点を解消するためになされたもので、羽根前縁ボス部での吸込流れの衝突を防ぐとともに、高静圧化も図った高性能、低騒音でかつ強度的にも十分な軸流送風機を得ることを目的とする。さらに又、本発明は低騒音の空気調和機を得ることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】第1の発明に係る軸流送風機は、回転するボス部に取りつけられ、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、及び上記ボス部に対向する羽根外周部により周囲が構成される羽根と、羽根前縁部の前記ボス部より沿って一辺が、羽根前縁部に隣接したボス部の外周に沿って

8

他辺が配置されるとともに、少なくとも羽根前縁部またはボス部のいずれか一方に取りつけられて羽根に一体に形成される、厚みがほぼ羽根厚と同一の板状部材と、を備えたものである。

【0009】又、第2の発明に係る軸流送風機は、回転の軸中心を原点Oとし、任意半径における羽根前縁部上の点  $1bs'$  との半径  $O-1bs'$  を回転方向に角度 $\beta$ 回転させたときのボス部外周上との交点を  $1bb'$  として、板状部材が上記  $1bs'$  と上記  $1bb'$  とを通るようなほぼ三角形の形状としたものである。又、第3の発明に係る軸流送風機は、回転の軸中心を原点Oとし、任意半径における羽根前縁部上の点  $1bs'$  との半径  $O-1bs'$  を回転方向に角度 $\beta$ 回転させたときのボス部外周上との交点を  $1bb'$  として、板状部材が上記  $1bs'$  と上記  $1bb'$  との間に配置される際、角度 $\beta$ を  $10 \sim 40$  度を選択したものである。

【0010】又、第4の発明に係る軸流送風機は、回転の軸中心を原点Oとし、任意半径における羽根前縁部上の点  $1bs'$  とし、羽根外周部半径を  $Rt$  として、板状部材の一辺が羽根前縁部の  $1bs'$  とボス部との間に配置される際、半径  $O-1bs'$  を羽根外周部半径  $Rt$  の  $40 \sim 75\%$  に選択したものである。又、第5の発明に係る軸流送風機は、板状部材は、羽根前縁部に回転方向から密着して取り付けられるものである。

【0011】又、第6の発明に係る軸流送風機は、回転するボス部に取りつけられ、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、及びボス部に対向する羽根外周部により周囲が構成される羽根と、羽根前縁部の前記ボス部寄りに沿って一辺が、羽根前縁部に隣接したボス部の外周に沿って他辺が配置されるとともに、少なくとも羽根前縁部またはボス部のいずれか一方に取りつけられて羽根に一体に形成される、厚みがほぼ羽根厚と同一の板状部材であって、回転の軸中心を原点Oとし、任意半径における羽根前縁部上の点  $1bs'$  とし、前記  $1bs'$  と原点Oとの半径  $O-1bs'$  を回転方向に角度 $\beta$ 回転させたときのボス部外周上との交点を  $1bb'$  として、 $1bs'$  と  $1bb'$  とを通るような板状部材と、を備え、角度 $\beta$ を  $10 \sim 40$  度を選択し、半径  $O-1bs'$  を羽根外周部半径  $Rt$  の  $40 \sim 75\%$  に選択したものである。

【0012】又、第7の発明に係る軸流送風機は、回転するボス部に取りつけられ、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、及びボス部に対向する羽根外周部により周囲が構成される羽根と、回転の軸中心を原点Oとし、任意半径における羽根前縁部上の点  $1bs'$  との半径  $O-1bs'$  を回転方向に角度 $\beta$ 回転させたときのボス部外周上との交点を  $1bb'$  として、 $1bs'$  と  $1bb'$  とを通るような形状に羽根前縁部のボス部寄り部分を回転方向に延長させた羽根形状と、を備え、角度 $\beta$ を  $10 \sim 40$  度を選択したも

(6)

特開平9-68199

9

のである。又、第8の発明に係る軸流送風機は、半径 $O-1bs'$ を羽根外周部半径 $Rt$ の40~75%に選択したものである。又、第9の発明に係る軸流送風機は、個個の羽根に対し角度 $\beta$ を変化させた複数の羽根を有するものである。又、第10の発明に係る軸流送風機は、個個の羽根に対し半径 $O-1bs'$ を変化させた複数の羽根を有するものである。

【0013】又、第11の発明に係る軸流送風機は、羽根前縁部のボス部より部分を回転方向延長させた羽根形状を、 $1bs'$ 及び $1bb'$ における接線を回転方向に対し、凹となるような曲線で結び羽根前縁部とするように形成したものである。又、第12の発明に係る軸流送風機は、羽根前縁部とボス部との接続部を羽根外周部半径の15~35%の大きさの半径とする回転方向に対し凹となるような曲線で結び、羽根前縁部とするように羽根形状を形成したものである。

【0014】又、第13の発明に係る軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、およびボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根と、回転の軸中心を原点 $O$ とし、原点 $O$ と羽根前縁部上の任意の点 $1bs'$ とを結ぶ直線 $1bs'-O$ を原点 $O$ を中心に回転方向に回転させたときの、直線 $1bs'-O$ とボス部半径であるボス部側面との交点 $1bb'$ と点 $1bs'$ における接線を回転方向に対し、凹となるような任意曲線で結び羽根前縁部とするように羽根形状を形成したものである。

【0015】又、第14発明に係る軸流送風機は、回転の軸中心を原点 $O$ とし、羽根の付け根の羽根前縁部上の点 $1baO'$ と原点 $O$ を結んだ直線 $1baO'-O$ を、原点 $O$ を中心に回転方向に20~50°の間である角度 $\delta\alpha$ 分回転させた時のボス部半径 $Rb$ の点 $1bb'$ と羽根外周部半径の40~70%の半径 $Rs$ をもつ羽根前縁部上の点 $1bs'$ の間の形状を、羽根前縁部を基準として、羽根のボス部半径 $Rb$ である羽根前縁部上の点 $1ba'$ から角度 $\delta\alpha$ 分回転方向に回転させたときのボス部半径 $Rb$ の羽根前縁部上の点 $1bb'$ の間に存在するボス部半径 $Rb$ ~半径 $Rs$ の間の半径 $Rc$ の点 $1bc'$ と原点 $O$ を結んだ直線 $1bc'-O$ と直線 $1ba'-O$ とのなす角度を示す $\delta\alpha$ の半径方向分布を  

$$\delta\alpha = (\delta\alpha b / (Rb - Rs) \times (R - Rs) \times 2) \times (Rb \leq R \leq Rs)$$

で与え、羽根と連続するように、羽根前縁部上の点 $1bs'$ よりボス部寄り部分の羽根前縁部を回転方向に延長し、羽根形状を形成したものである。

【0016】又、第15の発明に係る送風機は、回転の軸中心を原点 $O$ とし、ベースの羽根 $1O'$ のボス部半径 $Rb$ における羽根前縁部上の点 $1baO'$ と原点 $O$ を結んだ直線 $1baO'-O$ を、原点 $O$ を中心に回転方向に20~50°の間である角度 $\delta\alpha$ 分回転させた時の点

10

を羽根前縁ボス部延長終点 $1bb'$ としたとき、羽根を任意半径 $R$ の円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、羽根 $1O$ とそり角 $\theta$ 、食い違い角 $\xi$ が同一のまま、ボス部半径 $Rb$ での翼弦を、点 $1bb'$ まで延長し、このときの羽根 $1O$ のボス部半径 $Rb$ における翼弦長 $LbO$ と前記点 $1bb'$ ~羽根後縁部 $1Cb'$ までの翼弦長 $Lb$ 、この差を $\Delta Lb$ とし、羽根外周部半径の40~60%の半径 $Rs$ での羽根前縁部上の点 $1bs'$ での翼弦長 $Ls$ とすると、ボス部半径 $Rb$ から羽根前縁部上の点 $1bs'$ までの翼弦長 $L$ の半径方向分布を

$$L = \Delta Lb / (Rs - Rb) \times 2 \times (R - Rs) \times 2 + Ls \quad (Rb \leq R \leq Rs)$$

で与え、羽根形状を形成したものである。

【0017】又、第16の発明に係る軸流送風機は、軸流送風機の羽根を任意半径 $R$ の円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、その羽根断面におけるそり線の形状を円弧形状とし、その円弧を形成するための中心角を $\theta$ （ $\theta$ ：そり角）とした場合、 $\theta$ の半径方向分布を $\theta = (\theta t - \theta b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \theta b$ （ $\theta t$ ：羽根外周部でのそり角、 $\theta b$ ：羽根ボス部半径 $Rb$ におけるそり角）で与え、 $\theta t = 25^\circ \sim 35^\circ$ 、 $\theta b = 30^\circ \sim 55^\circ$ 、 $\theta t < \theta b$ とし、上記展開図において、羽根の翼弦線と上記回転軸と平行で上記羽根の前縁部を通る直線とのなす角度を $\xi$ （ $\xi$ ：食い違い角）とすると、 $\xi$ の半径方向分布を、 $\xi = (\xi t - \xi b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \xi b$ （ $\xi t$ ：羽根外周部での食い違い角、 $\xi b$ ：ボス部半径 $Rb$ における食い違い角）で与え、 $\xi t = 55^\circ \sim 70^\circ$ 、 $\xi b = 40^\circ \sim 65^\circ$ 、 $\xi t > \xi b$ とし、さらに、翼弦長 $L$ 、羽根間の円周方向距離（ピッチ）である $T$ との比で定義される節弦比 $T/L$ の値を、各半径点において $T/L = 1.1 \sim 2.0$ とし、かつ上記回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、上記羽根のボス部半径 $Rb$ の円筒面で切断したときの断面における翼弦線中心点を $Pb'$ とし、上記回転軸を原点 $O$ として、上記 $O$ 点と $Pb'$ 点とを結ぶ直線を $X$ 軸とした座標系で、上記羽根を任意半径 $R$ の円筒面で切断した時の翼弦線中心点を $Pr'$ として、直線 $Pr'-O$ と上記 $X$ 軸とのなす角度を $\delta\theta$ （ $\delta\theta$ ：回転方向前進角）とした場合、 $\delta\theta$ の半径方向分布を

$$\delta\theta = \delta\theta t \times (R - Rb) / (Rt - Rb)$$

（ $Rt$ ：羽根外周部半径、 $Rb$ ：羽根ボス部半径、 $\delta\theta t$ ：直線 $Pt'-O$ と $X$ 軸のなす角度）で与え、 $\delta\theta t$ を25~40°とし、まず羽根形状を形成し、この時の羽根の付け根の羽根前縁部上の点 $1ba'$ と原点 $O$ を結んだ直線 $1ba'-O$ を、原点 $O$ を中心に回転方向に20~50°の間である角度 $\delta\alpha$ 分回転させた時のボス部半径 $Rb$ の点 $1bb'$ と羽根外周部半径の40~70%の半径 $Rs$ をもつ羽根前縁部上の点 $1bs'$ の間の形



(7)

特開平9-68199

11

状を、前記羽根前縁部を基準として、前記羽根のボス部半径  $R_b$  である羽根前縁部上の点  $1b a'$  から前記角度  $\delta \alpha b$  分回転方向に回転させたときのボス部半径  $R_b$  の羽根前縁部上の点  $1b b'$  の間に存在するボス部半径  $R_b \sim$  半径  $R_s$  の間の半径  $R_c$  の点  $1b C'$  と原点  $O$  を結んだ直線  $1b C' - O$  と直線  $1b a' - O$  とのなす角度を示す  $\delta \alpha$  の半径方向分布を

$$\delta \alpha = \{ \delta \alpha b / (R_b - R_s) \} \times (R - R_s) \quad (R_b \leq R \leq R_s)$$

で与え、前記羽根と連続するように、羽根前縁部上の点  $1b s'$  よりボス部寄り部分の羽根前縁部を回転方向に延長し、羽根形状を形成したものである。

【0018】又、第17の発明に係る軸流送風機は、軸流送風機の羽根を任意半径  $R$  の円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、その羽根断面におけるそり線の形状を円弧形状とし、その円弧を形成するための中心角を  $\theta$  ( $\theta$ : そり角) とした場合、 $\theta$  の半径方向分布を  $\theta = (\theta t - \theta b) \times (R - R_b) / (R_t - R_b) + \theta b$  ( $\theta t$ : 羽根外周部でのそり角、 $\theta b$ : 羽根ボス部半径  $R_b$  におけるそり角) で与え、 $\theta t = 25^\circ \sim 35^\circ$ 、 $\theta b = 30^\circ \sim 55^\circ$ 、 $\theta t < \theta b$  とし、上記展開図において、羽根の翼弦線と上記回転軸と平行で上記羽根の前縁部を通る直線とのなす角度を  $\xi$  ( $\xi$ : 食い違い角) とするとき、 $\xi$  の半径方向分布を、 $\xi = (\xi t - \xi b) \times (R - R_b) / (R_t - R_b) + \xi b$  ( $\xi t$ : 羽根外周部での食い違い角、 $\xi b$ : ボス部半径  $R_b$  における食い違い角) で与え、 $\xi t = 55^\circ \sim 70^\circ$ 、 $\xi b = 40^\circ \sim 65^\circ$ 、 $\xi t > \xi b$  とし、かつ上記回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、上記羽根のボス部半径  $R_b$  の円筒面で切断したときの断面における翼弦線中心点を  $Pb O'$  とし、上記回転軸を原点  $O$  として、上記  $O$  点と  $Pb O'$  点とを結ぶ直線を  $X$  軸とした座標系で、上記羽根を任意半径  $R$  の円筒面で切断した時の翼弦線中心点を  $PR O'$  として、直線  $PR O' - O$  と上記  $X$  軸とのなす角度を  $\delta \theta$  ( $\delta \theta$ : 回転方向進角) とした場合、 $\delta \theta$  の半径方向分布を

$$\delta \theta = \delta \theta t \times (R - R_b) / (R_t - R_b)$$

( $R_t$ : 羽根外周部半径、 $R_b$ : 羽根ボス部半径、 $\delta \theta t$ : 直線  $Pt O' - O$  と  $X$  軸のなす角度) で与え、 $\delta \theta t$  を  $25 \sim 40^\circ$  とし、さらに、翼弦長  $L O$ 、羽根間の円周方向距離 (ピッチ) である  $T$  との比で定義される節弦比  $T/L O$  の値を、各半径点において  $T/L O = 1.1 \sim 2.0$  とし、まず羽根形状  $1 O'$  を形成し、前記投影図において、羽根  $1 O'$  のボス部半径  $R_b$  における羽根前縁部上の点  $1b a O'$  と原点  $O$  を結んだ直線  $1b a O' - O$  を、原点  $O$  を中心に回転方向に  $20 \sim 50^\circ$  の間である角度  $\delta \alpha b$  分回転させた時の点を羽根前縁部延長終点  $1b b'$  としたとき、羽根を任意半径  $R$  の円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られ

12

る展開図において、前記羽根  $1 O$  とそり角  $\theta$ 、食い違い角  $\xi$  が同一のまま、ボス部半径  $R_b$  での翼弦を、前記点  $1b b$  まで延長し、このときの前記羽根  $1 O$  のボス部半径  $R_b$  における翼弦長  $L b O$  と前記点  $1b b' \sim$  羽根後縁部  $1 C b$  までの翼弦長  $L b$ 、この差を  $\Delta L b$  とし、羽根外周部半径の  $40 \sim 60\%$  の半径  $R_s$  での羽根前縁部上の点  $1b s$  での翼弦長  $L S$  とすると、ボス部半径  $R_b$  から前記羽根前縁部上の点  $1b s$  までの翼弦長  $L$  の半径方向分布を

$$L = \Delta L b / (R_s - R_b) \times (R - R_s) + L S \quad (R_b \leq R \leq R_s)$$

で与え、羽根形状を形成したものである。又、第18の発明に係る空気調和機は上述の軸流送風機を使用したものである。

【0019】

【発明の実施の形態】

実施例1

以下、一実施例を図に基づいて説明する。図1はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図である。例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す矢印、1bは羽根前縁部、1dは羽根外周部、1cは羽根後縁部、7は羽根前縁部1bのボス部よりに取り付けられる三角形平板である。図2は図1の平面図である。

【0020】図3は、回転軸3と直交する平面に羽根1を投影した投影図である。図において、図1と同一符号のものは同一のものを示す。1' は投影図における羽根、1b' は投影図における羽根前縁部、1c' は投影図における羽根後縁部、1d' は投影図における羽根外周部である。図において、羽根厚とはほぼ同一でかつほぼ三角形した平板7' を、一辺7b' がほぼボス部2の円周に沿い、他の一辺7c' は羽根前縁部1b' のボス部より密着させ、回転方向から羽根に一体になるように外挿し、羽根形状を形成している。図4は、図3の三角形平板7' と羽根前縁部1b' 付近を任意半径  $R$  の円筒面で切断した  $Y-Y$  断面を、2次元平面に展開した拡大図である。図において、1は軸流送風機の羽根、7は羽根前縁部1bのボス部寄りに外挿される三角形平板、7cはこの三角形平板7と羽根前縁部1bとの接合面、7aは羽根前縁部1bと連続する三角形平板7の吸い込み側端部を示す。

【0021】このように形成することにより、高圧損失時、図3の  $X-X$  断面を示す図5のように三角形平板7の羽根前縁部1bにつながる一辺7aで圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦10により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ12が、この縦渦10に誘導されながら外部へ送風され





15

方面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦10により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ12がこの縦渦10に誘導されながら外部へ送風される。これにより、従来の軸流送風機における問題点として、図102に示したような、高圧損時における羽根前縁部1b付近の吸い込み流れ12の訓練による羽根負圧面8上の流れ11の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。また、既存の軸流送風機を容易に改良できる。

【0029】ここで、前記三角形平板7の一頂点が通る羽根前縁部1b上の点1bsおよび前記直線O-1bsを原点O中心に回転させ、ボス部2の側面との交点1bを求める時の回転角度 $\beta$ が、大きすぎたり、小さすぎると逆に羽根に乱れを与えてしまい、騒音悪化してしまう。従って、この羽根前縁部1b上の点1bsの位置および回転角度 $\beta$ の最適範囲が存在する。図13は回転角度 $\beta$ ＝一定の時例えば、約20°～30°の時、羽根前縁部1b上の点1bsの位置を羽根外周部半径Rtに対する点1bsでの半径Rsの比率によって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音Ksは、動作点によって変化するため、比騒音Ksが最小となる動作点での値を最小比騒音Ksminとしてグラフ化している。ここで、比騒音Ksは次式のように定義される。

$$Ks = SPL - 10 \log (Q \cdot Ps \cdot 2.5)$$

SPL：騒音特性（SOUND PRESSURE LEVEL）〔dB(A)〕

Q：風量〔m<sup>3</sup>/min〕

Ps：静圧〔mmAq〕

図に示すように、羽根前縁部1b上の点1bsの位置での半径Rsは、羽根外周部半径Rtの0.4～0.75倍の値の間にあるとき、最小比騒音Ksminの値は小さく低騒音である。また、図中Rs/Rt＝0（Y軸上）は平板を取り付けていない従来の軸流送風機の値を示すが、従来の値に比べ、最大1〔dB(A)〕低騒音になっていることが分かる。

【0030】図14は点1bsの位置を示す比率Rs/Rt＝一定の時、例えば0.6～0.7の時、図9における回転角度 $\beta$ による騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音Ksは動作点によって変化するため比騒音Ksが最小となる動作点での値を最小比騒音Ksminとしてグラフ化している。図に示すように、羽根前縁部1b上の点1bsと原点Oを結んだ直線O-1bsを原点O中心に72°回転方向へ回転させるときの回転角度 $\beta$ は、10°～40°の間にあるとき、最小比騒音Ksminの値は小さく低騒音である。また、図中約10°付近の値は、平板を取り付けていない従来の軸流送風機の値を示すが、従来の値に比べ、最大1〔dB(A)〕低騒音になっていることが分かる。

【0031】図15は1bsの位置の半径Rsと羽根外

(9)

特開平9-68199

16

周部半径Rtとの比率Rs/Rtと前記回転角度 $\beta$ の騒音特性への影響を実験的に検討し、比騒音Ksが最小になる動作点での値をグラフ化した結果を示す。図15より、 $0.4 \leq Rs/Rt \leq 0.75$ かつ $10^\circ \leq \beta \leq 40^\circ$ であれば、最小比騒音Ksminは十分小さく、低騒音である。

【0032】この軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、および上記ボス部に向向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、羽根前縁部に厚みが羽根厚とほぼ同一で、かつほぼ三角形をした平板を一端がボス部内周に沿い、かつ回転軸を原点Oとし上記O点と任意半径における羽根前縁部上の点1bs'とを結ぶ直線をX軸とした座標系において、直線O-1bs'を原点Oを中心に回転方向に角度 $\beta$ 分回転させたときの半径Rbのボス部との交点を1bb'を頂点とし、上記角度 $\beta$ を10°～40°とし、他の一辺は羽根外周部半径Rtの40°～75%の羽根前縁部上の点1bs'を通るような形状にし、羽根前縁部のボス部寄りに密着させ、回転方向から外挿するように羽根に一体に形成したものである。高圧損時、三角形平板7の羽根前縁部1bにつながる一辺7aで圧力面から負圧面への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れがこの縦渦に誘導されながら外部へ送風されることにより、高圧損時における羽根前縁部1b付近の吸い込み流れ12の訓練による羽根負圧面8上の流れの11の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。

【0033】実施例3

以下、他の一実施例を図に基づいて説明する。図16はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図で、例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す矢印、1bは羽根前縁部、1dは羽根外周部、1cは羽根後縁部を示す。

【0034】また、図17は、図16の平面図である。図18は、回転軸3と直交する平面に羽根1を投影した投影図である。図において、図17と同一符号のものは同一のものを示す。1'は投影図における羽根、1b'は投影図における羽根前縁部、1c'は投影図における羽根後縁部、1d'は投影図における羽根外周部である。図において、回転軸を原点Oとし、上記O点と羽根前縁部1b'上の任意の点1bs'とを結ぶ直線をX軸とした座標系において、直線O-1bs'を原点Oを中心に回転方向に角度 $\beta$ 分回転させたときのボス部側面との交点1bb'と前記点1bs'を通る直線1bb'-1

(10)

特開平9-68199

17

b s' が羽根前縁部 1 b' となるように、羽根前縁部 1 b' のボス部 2 寄りの部分を軸流送風機の回転方向に延長したような羽根形状を形成している。

【0035】このように形成することにより、高圧損時、図18の羽根前縁部 1 b' の一部である 1 b s' - 1 b b' の X-X 断面である図19において、前記 1 b s' - 1 b b' の圧力面 9 から負圧面 8 への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦 10 により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ 12 がこの縦渦 10 に誘導されながら外部へ送風される。これにより、従来の軸流送風機における問題点として、図102に示したような、高圧損時における羽根前縁部 1 b 付近の吸い込み流れ 12 の剥離による羽根負圧面 8 上の流れ 11 の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。

【0036】また、実施例2のように別部品を取り付けることにより羽根形状を形成するのと違い、羽根を一体成形で製作することから、つなぎ目での凹部や接着剤による凸部による流れの乱れの発生を防ぎ、低騒音化を図ることができる。ここで、羽根前縁部 1 b のボス部 2 20 の部分 1 b s' - 1 b b' を回転方向に延長する際の点 1 b s の位置および前記直線 O-1 b s を原点 O 中心に回転させ、ボス部 2 の側面との交点 1 b b' を決定する時の回転角度  $\beta$  が、大きすぎたり、小さすぎると逆に羽根に乱れを与えてしまい、騒音悪化してしまう。従って、この羽根前縁部 1 b 上の点 1 b s の位置および回転角度  $\beta$  の最適範囲が存在する。図20は回転角度  $\beta$  = 一定の時の、羽根前縁部 1 b 上の点 1 b s の位置を羽根外周部半径 R t に対する点 1 b s での半径 R s の比率によって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき騒音 K s は、動作点によって変化するため、比騒音 K s が最小となる動作点での値を最小比騒音 K s min としてグラフ化している。ここで、比騒音 K s は次式のように定義される。

$$K s = SPL - 10 \log (Q \cdot P s 2.5)$$

SPL: 騒音特性 (SOUND PRESSURE LEVEL) [dB (A)]

Q: 風量 [m<sup>3</sup>/min]

P s: 静圧 [mmAq]

【0037】図に示すように、羽根前縁部 1 b 上の点 1 b s の位置での半径 R s は、羽根外周部半径 R t の 0.4 ~ 0.75 倍の値の間にあるとき、最小比騒音 K s min の値は小さく低騒音である。また、図中  $R s / R t = 0$  (Y 軸上) は平板を取り付けていない従来の軸流送風機の値を示すが、従来の値に比べ、最大 2 [dB(A)] 低騒音になっていることが分かる。

【0038】図21は点 1 b s の位置を示す比率  $R s / R t$  = 一定の時の、図18における回転角度  $\beta$  による騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音 K s は動作点によって変化するため比騒音 K s が最小となる動作点での値を最小比騒音 K s min として

18

グラフ化している。図に示すように、羽根前縁部 1 b 上の点 1 b s と原点 O を結んだ直線 O-1 b s を原点 O 中心に  $\beta$  回転方向へ回転させるときの回転角度  $\beta$  は、 $10^\circ \sim 40^\circ$  の間にあるとき、最小比騒音 K s min の値は小さく低騒音である。また、図中約  $10^\circ$  付近の値は、平板を取り付けていない従来の軸流送風機の値を示すが、従来の値に比べ、最大 2 [dB(A)] 低騒音になっていることが分かる。

【0039】図22は 1 b s の位置の半径 R s と羽根外周部半径 R t との比率  $R s / R t$  と前記回転角度  $\beta$  の騒音特性への影響を実験的に検討し、比騒音 K s が最小になる動作点での値をグラフ化した結果を示す。図22より、 $0.4 \leq R s / R t \leq 0.75$  かつ  $10^\circ \leq \beta \leq 40^\circ$  であれば、最小比騒音 K s min は十分小さく、低騒音である。

【0040】この軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、およびボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、回転軸 O と羽根前縁部上の羽根外周部半径の  $40 \sim 75\%$  の半径である点 1 b s' とを結ぶ直線 O-1 b s' を原点 O を中心に回転方向に  $10 \sim 40^\circ$  の間である角度分回転させ、この直線 O-1 b s' とボス部半径であるボス部側面との交点 1 b b' と前記 1 b s' を直線で結び、羽根前縁部のボス部寄りの部分を回転方向に延長させた羽根形状を形成したものである。高圧損時、羽根前縁部 1 b' の一部である X-X 断面において、圧力面 9 から負圧面 8 への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ 12 がこの縦渦に誘導されながら外部へ送風されることにより、高圧損時における羽根前縁部 1 b 付近の吸い込み流れ 12 の剥離による羽根負圧面 8 上の流れ 11 の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。

【0041】実施例4

以下、他の一実施例を図に基づいて説明する。図23はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図で、例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す矢印、1 b は羽根前縁部、1 d は羽根外周部、1 c は羽根後縁部である。

【0042】図24は、回転軸3と直交する平面に羽根1を投影した投影図である。図において、図23と同一符号のものは同一のものを示す。1 I' は投影図における羽根、1 b I' は投影図における羽根前縁部、1 c I' は投影図における羽根後縁部、1 I' は投影図における羽根外周部である。また、添字 II、III は他の羽根の同

19

一のものを示す。図において、回転軸を原点 $O$ とし、上記 $O$ 点と各羽根で異なる羽根外周部半径 $R$ の $40\sim75\%$ の半径における羽根前縁部 $1b'$ 上の点 $1bs'$ とを結ぶ直線を $X$ 軸とした座標系において、直線 $O-1bs'$ を原点 $O$ を中心に回転方向に角度 $\theta$ 回転させたときのボス部側面との交点 $1bb'$ と前記点 $1bs'$ を通る直線 $1bb'-1bs'$ が羽根前縁部 $1b'$ となるように、各羽根の羽根前縁部 $1b'$ のボス部2寄りの部分を軸流送風機の回転方向に延長したような羽根形状を形成している。このように形成することにより、高圧損時、図24の羽根前縁部 $1b'$ の一部である $1bs'-1bb'$ のA-A断面である図25において、前記 $1bs-1bb$ の圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦 $10$ により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ $12$ がこの縦渦 $10$ に誘導されながら外部へ送風される。これにより、従来の軸流送風機における問題点として、図101に示したような、高圧損時における羽根前縁部 $1b$ 付近の吸い込み流れ $12$ の剥離による羽根負圧面8上の流れ $11$ の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。

【0043】また、各羽根の羽根前縁部 $1bI'$ 、 $1bII'$ 、 $1bIII'$ のボス部より部分が異なるため、図26のように、従来図中実線で示した羽根枚数 $Z$ と回転数 $N$ 〔r.p.m〕により決まる回転音およびこの発生周波数〔N $Z$ /60〔Hz〕〕の正数倍の音によるピーク音が破線のようになくなり、特定周波数による音を低減できる。これにより、製品で問題になる異常音を回避できる。

【0044】この軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、およびボス部に対向する羽根外周部から図が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、回転軸 $O$ と羽根前縁部上の羽根外周部半径の $40\sim75\%$ の半径である点 $1bs'$ とを結ぶ直線 $O-1bs'$ を原点 $O$ を中心に回転方向に $10\sim40^\circ$ の間である角度分回転させ、この直線 $O-1bs'$ とボス部半径であるボス部側面との交点 $1bb'$ を、範囲で各羽根ごとに交えて羽根形状を形成したものである。高圧損時、羽根前縁部 $1b'$ の一部である $1bs'-1bb'$ の圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦 $10$ により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ $12$ がこの縦渦 $10$ に誘導されながら外部へ送風されことにより、高圧損時における羽根前縁部 $1b$ 付近の吸い込み流れ $12$ の剥離による羽根負圧面8上の流れ $11$ の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。また、各羽根の羽根前縁部のボス部より部分が異なるため、従来の軸流送風機における羽根枚数 $Z$ と回転数 $N$ 〔r.p.m〕により決まる回転音およびこの発生周波数〔N $Z$ /60〔Hz〕〕の正数倍の音によるピーク音がなくなり、特定周波数による音を低減でき

(11)

特開平9-68199

20

る。これにより、製品で問題になる異常音を回避できる。

【0045】実施例5

以下、他の一実施例を図に基づいて説明する。図27はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図で、例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す矢印、1bは羽根前縁部、1dは羽根外周部、1cは羽根後縁部である。図28は図27の正面図である。

【0046】図29は、回転軸3と直交する平面に羽根1を投影した投影図である。図において、図28と同一符号のものは同一のものを示す。1'は投影図における羽根、1b'は投影図における羽根前縁部、1c'は投影図における羽根後縁部、1d'は投影図における羽根外周部である。投影図において、回転軸 $O$ と羽根前縁部上の任意の点 $1bs'$ とを結ぶ直線 $O-1bs'$ を原点 $O$ を中心に回転方向に回転させたときの、直線 $O-1bs'$ とボス部半径であるボス部側面との交点 $1bb'$ と前記点 $1bs'$ における接線を回転方向に対し、凹となるような任意曲線で結び羽根前縁部とするように羽根形状を形成している。

【0047】このように形成することにより、高圧損時、図29のX-X断面を示す図30のように、羽根前縁部 $1b$ のボス部寄りの部分の羽根の圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦 $10$ により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ $12$ が、この縦渦 $10$ に誘導されながら図31のように外部へ送風される。これにより、従来の軸流送風機における問題点として、図102に示したような、高圧損時における羽根前縁部 $1b$ 付近の吸い込み流れ $12$ の剥離による羽根負圧面8上の流れ $11$ の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。図32は、従来の軸流送風機と上記第5の発明の一実施例による軸流送風機との流量係数 $\phi$ に対する圧力係数 $\psi$ の関係および比騒音 $K_s$ 〔dB(A)〕を実験的に求めた特性図である。図中黒丸、黒四角は従来の軸流送風機特性、最小比騒音を、 $\times$ 、 $\square$ はこの発明の一実施例における軸流送風機特性、最小比騒音を示す。この特性図からわかるように、従来に比べ、動作領域が低風量側まで延びかつ全体的に高静圧化が図れている。一方、比騒音 $K_s$ は最大で2.5〔dB(A)〕の低減が図れ低騒音である。

【0048】この軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、およびボス部に対向する羽根外周部から図が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、回転軸 $O$ と羽根前縁部上の任意の点 $1b$

(12)

特開平9-68199

21

s' とを結ぶ直線 O-1 b s' を原点 O を中心に回転方向に回転させたときの、直線 O-1 b s' とボス部半径であるボス部側面との交点 1 b b' と前記点 1 b s' における接線を回転方向に対し、凹となるような任意曲線で結び羽根前縁部とするように羽根形状を形成したものである。高圧損時、羽根前縁部のボス部寄りの部分の羽根の圧力面 9 から負圧面 8 への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れが、この縦渦に誘導されながら外部へ送風されることにより、高圧損時における羽根前縁部 1 b 付近の吸い込み流れの剥離による羽根負圧面上の流れの乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。

【0049】実施例6

以下、他の一実施例を図に基いて説明する。図33はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図で、例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す矢印、1 b は羽根前縁部、1 d は羽根外周部、1 c は羽根後縁部である。図34は図33の正面図である。

【0050】図35は、回転軸3と直交する平面に羽根1を投影した投影図である。図において、図34と同一符号のものは同一のものを示す。1' は投影図における羽根、1 b' は投影図における羽根前縁部、1 c' は投影図における羽根後縁部、1 d' は投影図における羽根外周部である。図において、回転軸を原点 O とし、上記 O 点と羽根前縁部 1 b' 上の任意の点 1 b s' とを結ぶ直線を X 軸とした座標系において、直線 O-1 b s' を

原点 O を中心に回転方向に  $\beta$  回転させたときのボス部側面との交点 1 b b' と前記点 1 b s' における接線を回転方向に対し、凹となるような任意曲線で結び羽根前縁部 1 b' とするように結んだ羽根形状を形成している。【0051】このように形成することにより、高圧損時、図35の羽根前縁部 1 b' の一部である 1 b s' - 1 b b' の X-X 断面である図36における前記 1 b s' - 1 b b' の圧力面 9 から負圧面 8 への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦 10 により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ 12 がこの縦渦 10 に誘導されながら外部へ送風される。これにより、従来の軸流送風機における問題点として、図102に示したような、高圧損時における羽根前縁部 1 b 付近の吸い込み流れ 12 の剥離による羽根負圧面 8 上の流れの乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。

【0052】ここで、羽根前縁部 1 b のボス部 2 よりの部分 1 b s' - 1 b b' を回転方向に延長する際の点 1 b s' の位置および前記直線 O-1 b s' を原点 O 中心に回転させ、ボス部 2 の側面との交点 1 b b' を決定する時の回転角度  $\beta$  が、大きすぎたり、小さすぎると逆に羽根に

22

乱れを与えてしまい、騒音悪化してしまう。従って、この羽根前縁部 1 b 上の点 1 b s' の位置および回転角度  $\beta$  の最適範囲が存在する。図37は回転角度  $\beta$  = 一定の時の、羽根前縁部 1 b 上の点 1 b s' の位置を羽根外周部半径 R t に対する点 1 b s' での半径 R s の比率によって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音 K s は、動作点によって変化するため、比騒音 K s が最小となる動作点での値を最小比騒音 K s min としてグラフ化している。ここで、比騒音 K s は次式のように定義される。

$$K_s = SPL - 10 \log(Q \cdot P_s^2 \cdot 5)$$

SPL: 騒音特性 (SOUND PRESSURE LEVEL) [dB (A)]

Q: 風量 [m<sup>3</sup>/min]

【0053】P s: 静圧 [mmAq]

図に示すように、羽根前縁部 1 b 上の点 1 b s' の位置での半径 R s は、羽根外周部半径 R t の 0.4 ~ 0.75 倍の値の間にあるとき、最小比騒音 K s min の値は小さく低騒音である。また、図中 R s / R t = 0 (Y 軸上) は従来の軸流送風機の値を示す。この結果、従来の値に比べ、最大 2 [dB(A)] 低騒音になっていることが分かる。図38は点 1 b s' の位置を示す比率 R s / R t = 一定の時の、図35における回転角度  $\beta$  による騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音 K s は動作点によって変化するため比騒音 K s が最小となる動作点での値を最小比騒音 K s min としてグラフ化している。

【0054】図に示すように、羽根前縁部 1 b 上の点 1 b s' と原点 O を結んだ直線 O-1 b s' を原点 O 中心に  $\beta$  回転方向へ回転させるときの回転角度  $\beta$  は、10° ~ 40° の間にあるとき、最小比騒音 K s min の値は小さく低騒音である。また、図中約 10° 付近の値は、従来の軸流送風機の値を示すが、本発明による軸流送風機は従来に比べ、最大 2 [dB(A)] 低騒音になっていることが分かる。図39は羽根前縁部上の点 1 b s' の位置の半径 R s と羽根外周部半径 R t との比率 R s / R t と前記回転角度  $\beta$  の騒音特性への影響を実験的に検討し、比騒音 K s が最小になる動作点での値をグラフ化した結果を示す。図39より、0.4 ≤ R s / R t ≤ 0.75 かつ 10° ≤  $\beta$  ≤ 40° であれば、最小比騒音 K s min は十分小さく、低騒音である。

【0055】この軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、およびボス部に対向する羽根外周部から図が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、回転軸 O と羽根前縁部上の羽根外周部半径の 40 ~ 75 % の半径である点 1 b s' とを結ぶ直線 O-1 b s' を原点 O を中心に回転方向に 10 ~ 40° の間である角度分回転させ、この直線 O-1 b s' とボ

(13)

特開平9-68199

23

ス部半径であるボス部側面との交点1b'と前記1b's'における接線を回転方向に対し、凹となるような任意曲線で結び羽根前縁部とするように羽根形状を形成したものである。高圧損時、羽根前縁部のボス部付近である1b's'-1b'b'の圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れがこの縦渦に誘導されながら外部へ送風されることにより、高圧損時における羽根前縁部1b'付近の吸い込み流れの剥離による羽根負圧面上の流れの乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。

#### 【0056】実施例7

以下、他の一実施例を図に基づいて説明する。図40はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図で、例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す矢印、1bは羽根前縁部、1dは羽根外周部、1cは羽根後縁部を示す。また、図41は図40の正面図を示す。図42は、回転軸3と直交する平面に羽根1を投影した投影図である。図において、図41と同一符号のものは同一のものを示す。1'は投影図における羽根、1b'は投影図における羽根前縁部、1c'は投影図における羽根後縁部、1d'は投影図における羽根外周部である。図において、羽根外周部半径Rtの15～35%の大きさを半径とするR曲線で羽根前縁部とボス部との接続部を結び、羽根前縁部とするように羽根形状を形成している。

【0057】このように形成することにより、高圧損時、図42の羽根前縁部1b'のA-A断面である図43において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦10により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ12がこの縦渦10に誘導されながら図44のように外部へ送風される。これにより、従来の軸流送風機における問題点として、図102に示したような、高圧損時における羽根前縁部1b'付近の吸い込み流れ12の剥離による羽根負圧面8上の流れ11の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。

【0058】また、従来の軸流送風機では、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、図98のように羽根前縁部1bのボス部寄り付近とボス部2との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止していた。そのため、図98のB-B断面を展開した展開図である図103に示すように、板厚の厚い羽根前縁部1bで吸い込み流れ12が衝突し、負圧面上の吸い込み流れ11が乱れていた。本発明において、羽根前縁部1bのボス部寄り付近とボス部2との接続部は大きなR曲線であるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚

24

くする必要がなくなる。しかし、羽根前縁部1bとボス部2との接続部のR曲線の半径RRが小さすぎたり、大きすぎたりすると逆に騒音悪化し、また強度不足になる。従って、このR曲線の半径RRの最適範囲が存在する。

【0059】図45は、R曲線の半径RRの大きさに対する羽根外周部半径Rtとの比率(=RR/Rt)によって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音Ksは、動作点によって変化するため、比騒音Ksが最小となる動作点での値を最小比騒音Ksminとしてグラフ化している。図45より、R曲線の半径RRが、羽根外周部半径Rtの10～35%の間の大きさであれば、最小比騒音Ksminは小さく従来に比べ、1【dB(A)】低騒音である。また図46は、R曲線の半径RRの大きさに対する羽根外周部半径Rtとの比率(=RR/Rt)によって、羽根前縁部ボス部寄りの最大応力σの値を実験的に求めたものである。図46より、R曲線の半径RRが羽根外周部半径Rtの15%以上であれば、十分強度があることがわかる。よって、図45、図46よりR曲線の半径RRが、羽根外周部半径Rtの15～35%の間にあれば、低騒音で、かつ強度が十分である。

【0060】この軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、およびボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、羽根前縁部とボス部の接続部分を、羽根外周部半径の15～35%の大きさを半径とするR曲線で結び、羽根前縁部とするように羽根形状を形成したものである。高圧損時、羽根前縁部1b'のボス部寄り部分において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れがこの縦渦に誘導されながら外部へ送風され、高圧損時における羽根前縁部1b'付近の吸い込み流れの剥離による羽根負圧面8上の流れの乱れを無くせ、低騒音化を図ることができ、かつ台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、羽根前縁部1bのボス部寄り付近とボス部2との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止することなく、羽根前縁部1bのボス部寄り付近とボス部との接続部は大きなR曲線であるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

#### 【0061】実施例8

以下、他の一実施例を図に基づいて説明する。図47はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図で、例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ



(14)

特開平9-68199

25

軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す矢印。1bは羽根前縁部、1dは羽根外周部、1cは羽根後縁部を示す。また、図48は図47の正面図を示す。

【0062】図49は、回転軸3と直交する平面に羽根1を投影した投影図である。図において、図48と同一符号のものは同一のものを示す。1'は投影図における羽根。1b'は投影図における羽根前縁部。1c'は投影図における羽根後縁部。1d'は投影図における羽根外周部である。図において、図中破線で示したベースの羽根1O'の羽根外周部半径Rtと羽根ボス部半径Rbの間である任意半径Rsをもつ羽根前縁部1bO'上の点1bs'（1bs'：羽根前縁ボス部延長開始点）、羽根の付け根であるボス部半径Rbの羽根前縁部1bO'上の点1baO'と原点Oを結んだ直線1baO'-Oを、原点Oを中心に回転方向に角度 $\delta\alpha$ （ $\delta\alpha$  b：羽根前縁ボス部前進延長角）分回転させた時の点1bb'（1bb'：羽根前縁ボス部延長終点）とする。時、前記直線1baO'-Oを、0'～前記羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha$  bの間の任意角度 $\delta\alpha$ 分回転させ、羽根外周部方向に延長したときの半径Rbと半径Rsの間の任意半径Rcにおける点1bc'とすると、この時の任意回転角度 $\delta\alpha$ の半径方向分布を
$$\delta\alpha = (\delta\alpha b / (Rb - Rs) 2) \times (R - Rs) 2$$
（ $Rb \leq R \leq Rs$ ）

で与え、前記羽根と連続するように、ベースの羽根1O'の羽根前縁部1bO'を基準にして、半径Rsの羽根前縁ボス部延長開始点1bs'から前記点1bc'を通り、ボス部半径Rbの羽根前縁ボス部延長終点1bb'の間の羽根前縁部1bO'を回転方向に前進延長させ、羽根形状を形成したものである。

【0063】図50は、図49における図中破線で示したベースの羽根1O'のボス部半径Rbでの翼弦線中心点PbO'を相対的な原点として、羽根面を形成したとき、ベースの羽根1O'をボス部半径Rbの円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図を示す。なお実線が本発明の羽根1を示す。図中、ベースの羽根のそり線5を円弧形状とし、その円弧を形成するための中心角であるそり角 $\theta$ 、円弧を形成する半径をRRとする。このようにベースの羽根1O'に対し、本発明での軸流送風機の羽根は、図49で示した直線1baO'-Oを原点Oを中心に回転方向に $\delta\alpha$  b回転させた時のボス部半径Rbにおける点1bb'の図50の展開図における点1bb'までを、同一円弧で回転方向に延長させたものである。

【0064】このように形成することにより、高圧損時、図49の半径RcにおけるX-X断面である図51において、圧方面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦10により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ12がこの縦渦10に誘導さ

26

れながら図52のように外部へ送風される。これにより、従来の軸流送風機における問題点として、図102に示したような、高圧損時における羽根前縁部1b付近の吸い込み流れ12の剥離による羽根負圧面8上の流れ11の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。また、従来の軸流送風機では、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、図98のように羽根前縁部1bのボス部寄り付近とボス部2との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止していた。そのため、図98のB-B断面を展開した展開図である図103に示すように、板厚の厚い羽根前縁部1bで吸い込み流れ12が衝突し、負圧面上の吸い込み流れ11が乱れていた。本発明において、図37のように羽根1とボス部の接続部をR形状さみに羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

【0065】しかし、前記直線1ba'-Oを原点Oを中心に回転方向させる時の羽根ボス部前進延長角 $\delta\alpha$  bおよび羽根前縁ボス部延長開始点1bs'での半径Rsが大きすぎると図50に相当する図53のように吸い込み流れ12が羽根前縁部1bb'で衝突し、羽根面に乱れが発生させ騒音悪化し、小さすぎると効果がなくなり、かつ強度不足となる。従って、この角度 $\delta\alpha$  bおよび半径Rsの最適範囲が存在する。図54は、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径Rs＝一定の時の羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha$  bの大きさによって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音Ksは、動作点によって変化するため、比騒音Ksが最小となる動作点での値を最小比騒音Ksmi nとしてグラフ化している。図に示すように、羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha$  bが20°～50°の間であれば、ベースの羽根である従来の軸流送風機に対し、最小比騒音Ksmi nの値は小さく、最高2.5 [dB(A)] 低騒音である。

【0066】図55は、羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha$  b＝一定の時の、図49における羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径Rsと羽根外周部半径Rtの比率（ $=Rs/Rt$ ）の大きさによって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音Ksは、動作点によって変化するため、比騒音Ksが最小となる動作点での値を最小比騒音Ksmi nとしてグラフ化している。図に示すように、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径Rsが羽根外周部半径Rtの40°～70%の間であれば、最小比騒音Ksmi nは低く、ベースの羽根である従来の軸流送風機に対し、最高2.5 [dB(A)] 低騒音である。図56は、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径Rsと羽根外周部半径Rtの比率（ $=Rs/Rt$ ）と羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha$  bの騒音特性への影響を実験的に検討し、比騒音Ksが最小になる動作点での値をグラフ化したもので



(15)

特開平9-68199

27

ある。図より、 $0.4 \leq R_s / R_t \leq 0.7$ かつ $20^\circ \leq \delta \alpha b \leq 50^\circ$ であれば、最小比騒音 $K_{sm:n}$ は十分小さく、最高2.5 [dB(A)] 低騒音である。

【0067】図57は、羽根前縁ボス部延長開始点1b sにおける半径 $R_s$ と羽根外周半径 $R_t$ の比率と羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta \alpha b$ の羽根への最大応力 $\sigma$ への影響を実験的に検討したものである。図中 $R_b / R_t$ での値を示す●はベースの羽根である軸流送風機の羽根前縁部ボス部より部分を局所的に板厚を厚くしなかった場合の最大応力である。図より、 $0.4 \leq R_s / R_t$ かつ $20^\circ \leq \delta \alpha b$ であれば、羽根の強度は十分である。従って、図56、57より $0.4 \leq R_s / R_t \leq 0.7$ かつ $20^\circ \leq \delta \alpha b \leq 50^\circ$ であれば、低騒音でかつ強度が十分な羽根を得られる。

【0068】この発明に係る軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、および上記ボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、回転軸を原点Oとし、羽根の付け根の羽根前縁部上の点1ba O'と原点Oを結んだ直線1ba O'-Oを、原点Oを中心に回転方向に $20 \sim 50^\circ$ の間である角度 $\delta \alpha b$ 分回転させた時のボス部半径 $R_b$ の点1bb'と羽根外周半径の40%の半径 $R_s$ をもつ羽根前縁部上の点1bs'の間の形状を、前記羽根前縁部を基準として、前記羽根のボス部半径 $R_b$ である羽根前縁部上の点1ba'から前記角度 $\delta \alpha b$ 分回転方向に回転させたときのボス部半径 $R_b$ の羽根前縁部上の点1bb'の間に存在するボス部半径 $R_b \sim$ 半径 $R_s$ の間の半径 $R_c$ の点1bc'と原点Oを結んだ直線1ba' - Oと直線1ba O' - Oとのなす角度を示す $\delta \alpha$ の半径方向分布を

$$\delta \alpha = (\delta \alpha b / (R_b - R_s) 2) \times (R - R_s) 2 \quad (R_b \leq R \leq R_s)$$

で与え、前記羽根と連続するように、羽根前縁部上の点1bs'よりボス部寄り部分の羽根前縁部を回転方向に延長し、羽根形状を形成したものである。

【0069】この発明に係る軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、および上記ボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、回転軸を原点Oとし、羽根の付け根の羽根前縁部上の点1ba O'と原点Oを結んだ直線1ba O'-Oを、原点Oを中心に回転方向に $20 \sim 50^\circ$ の間である角度 $\delta \alpha b$ 分回転させた時のボス部半径 $R_b$ の点1bb'と羽根外周半径の40%の半径 $R_s$ をもつ羽根前縁部上の点1bs'の間の形状を、前記羽根前縁部を基準として、前記羽根のボス部半径 $R_b$ である羽根前縁部上の点1ba O' 50

28

から前記角度 $\delta \alpha b$ 分回転方向に回転させたときのボス部半径 $R_b$ の羽根前縁部上の点1bb'の間に存在するボス部半径 $R_b \sim$ 半径 $R_s$ の間の半径 $R_c$ の点1bc'と原点Oを結んだ直線1ba O' - Oと直線1ba O' - Oとのなす角度を示す $\delta \alpha$ の半径方向分布を

$$\delta \alpha = (\delta \alpha b / (R_b - R_s) 2) \times (R - R_s) 2 \quad (R_b \leq R \leq R_s)$$

で与え、前記羽根と連続するように、羽根前縁部上の点1bs'よりボス部寄り部分の羽根前縁部を回転方向に延長し、羽根形状を形成したものである。高圧損時、羽根前縁部のボス部寄り部分において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れがこの縦渦に誘導されながら外部へ送風され、高圧損時における羽根前縁部1b付近の吸い込み流れ12の剥離による羽根負圧面8上の流れ11の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができ、かつ、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、羽根前縁部のボス部寄り付近とボス部との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止することなく、羽根1とボス部の接続部をR形状に羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

【0070】この発明に係る軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、および上記ボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、羽根の付け根の羽根前縁部上の点1ba'と原点Oを結んだ直線1ba' - Oを、原点Oを中心に回転方向に $20 \sim 50^\circ$ の間である角度 $\delta \alpha b$ 分回転させた時のボス部半径 $R_b$ の点1bb'と羽根外周半径の40%の半径 $R_s$ をもつ羽根前縁部上の点1bs'の間の形状を、前記羽根前縁部を基準として、前記羽根のボス部半径 $R_b$ である羽根前縁部上の点1ba'から前記角度 $\delta \alpha b$ 分回転方向に回転させたときのボス部半径 $R_b$ の羽根前縁部上の点1bb'の間に存在するボス部半径 $R_b \sim$ 半径 $R_s$ の間の半径 $R_c$ の点1bc'と原点Oを結んだ直線1ba' - Oと直線1ba' - Oとのなす角度を示す $\delta \alpha$ の半径方向分布を

$$\delta \alpha = (\delta \alpha b / (R_b - R_s) 2) \times (R - R_s) 2 \quad (R_b \leq R \leq R_s)$$

で与え、前記羽根と連続するように、羽根前縁部上の点1bs'よりボス部寄り部分の羽根前縁部を回転方向に延長し、羽根形状を形成したものである。高圧損時、羽根前縁部のボス部寄り部分において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れがこの縦渦に誘導されながら外部へ送風され、高圧損時における

(16)

特開平9-68199

29

羽根前縁部1b付近の吸い込み流れ12の剥離による羽根負圧面8上の流れ11の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができ、かつ、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、羽根前縁部のボス部寄り付近とボス部との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止することなく、羽根1とボス部の接続部をR形状に羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

#### 【0071】実施例9

以下、他の一実施例を図に基いて説明する。図58はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図で、例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す

【0072】また、図59は図58の正面図を示す。この図における1は翼弦長であり、羽根間の円周方向距離（ピッチ）Tを示す。また、Lsは、羽根外周部半径Rtの40～60%の半径Rsである羽根前縁部1b上の点1bsを通る翼弦の長さを示す。図60は、回転軸3と直交する平面に羽根1を投影した投影図である。図において、図59と同一符号のものは同一のものを示す。1'は投影図における羽根、1b'は投影図における羽根前縁部、1c'は投影図における羽根後縁部、1d'は投影図における羽根外周部である。図中破線で示したベースの羽根1O'の羽根外周部半径Rtと羽根ボス部半径Rbの間である任意半径Rsをもつ羽根前縁部1bO'上の点1bs'（1bs'：羽根前縁ボス部延長開始点）、羽根の付け根であるボス部半径Rbの羽根前縁部1bO'上の点1baO'と原点Oを結んだ直線1baO'-Oを、原点Oを中心に回転方向に角度 $\alpha$ b（ $\alpha$ b：羽根前縁ボス部前延角）分回転させた時の点1bb'（1bb'：羽根前縁ボス部延長終点）とすると、前記羽根前縁ボス部延長開始点における半径Rsから羽根前縁ボス部延長終点1bb'における半径Rbまでの羽根の翼弦長を回転方向に延長した形状である。また、半径Rs～ボス部半径Rbの間の任意半径Rである上記延長後の羽根前縁部1b'上の点を1bR'とする。

【0073】図61は、図60における図中破線で示したベースの羽根1O'のボス部半径Rbでの弧1baO'-1cb'の midpointである翼弦線中心点PbO'を相対的な原点として、羽根面を形成したとき、ベースの羽根1O'をボス部半径Rbの円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図を示す。なお実線が本発明の羽根1を示す。図中、ベースの羽根のそり角 $\theta$ を円弧形成するための中心角であるそり角 $\theta$ 、円弧を形成する半径をRR0とする。

30

図中ベースの羽根1O'に対し、羽根1は、前記羽根1O'とそり角 $\theta$ 、食い違い角 $\phi$ が同一のまま、ボス部半径Rbでの翼弦を、図60で示した羽根前縁ボス部延長終点1bb'まで回転方向に延長し、本図における前記羽根1O'のボス部半径Rbにおける翼弦長1bO'と点1bb'～羽根後縁部1Cb'までの翼弦長Lb、この差を $\Delta Lb$ （ $=Lb-LbO'$ ）とし、羽根ボス部延長開始点1bs'における半径Rsでの翼弦長LSとすると、ボス部半径Rbから前記半径Rsまでの翼弦長Lの半径方向分布を $L=\Delta Lb/(Rs-Rb) \times (R-Rs) \div LS$ （ $Rb \leq R \leq Rs$ ）

で与え、羽根形状を形成したものである。

【0074】このように形成することにより、図61のようにベースの羽根1O'に比べ翼弦長が長くなり、羽根面上での圧力上昇が稼げるとともに、高圧損時、図60のX-X断面である図62において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する安定した縦渦10により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ12がこの縦渦10に誘導されながら図63のように外部へ送風される。これにより、従来の軸流送風機における問題点として、図101に示したような、高圧損時における羽根前縁部1b付近の吸い込み流れ12の剥離による羽根負圧面8上の流れ11の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。

【0075】また、従来の軸流送風機では、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、図97のように羽根前縁部1bのボス部寄り付近とボス部2との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止していた。そのため、図97のB-B断面を展開した展開図である図102に示すように、板厚の厚い羽根前縁部1bで吸い込み流れ12が衝突し、負圧面上の吸い込み流れ11が乱れていた。本発明において、図60のように羽根1とボス部の接続部をR形状に羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

【0076】しかし、前記直線1baO'-Oを原点O中心に回転方向させる時の羽根ボス部前延角 $\alpha$ bつまり、ボス部半径Rbにおける翼弦長Lbが大きすぎると図61に相当する図64図において、羽根後縁部1Cb'付近で、羽根負圧面8上の流れ11や縦渦10が羽根負圧面8から剥離を起こしたり、図65に示す軸流送風機全周をボス部半径Rbの円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる全周展開図に示すように、羽根1の負圧面8を剥離した負圧面上の流れ11と縦渦10が次に旋回してくる羽根1Nの圧力面9Nの流れ13に乱れを与え、騒音悪化が起こり、また、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'での半径Rsが小さすぎると効果なくなり、かつ強度不足となる。

【0077】従って、この角度 $\alpha$ bおよび半径Rsの

(17)

特開平9-68199

31

最適範囲が存在する。図66は、ベースになる従来の軸流送風機と上記第9の発明の一実施例による軸流送風機との流量係数 $Q$ に対する圧力係数 $P$ の関係および比騒音 $K_s$  [dB(A)]を実験的に求めた特性図である。図中黒丸、黒四角は従来の軸流送風機の特長、最小比騒音を、 $\times$ 、 $\square$ は第9の発明の一実施例における軸流送風機の特長、最小比騒音を示す。この特性図からわかるように、従来の比、動作領域が低騒音側まで延びかつ全体的に高静圧化が図れている。一方、比騒音 $K_s$ は最大で3 [dB(A)]の低減が図れ低騒音である。

【0078】図67は、羽根前縁ボス部延長開始点1bにおける半径 $R_s$ ＝一定の時の羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta$ の大きさによって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音 $K_s$ は、動作点によって変化するため、比騒音 $K_s$ が最小となる動作点での値を最小比騒音 $K_{smin}$ としてグラフ化している。図に示すように、羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta$ が $20^\circ \sim 50^\circ$ の間であれば、ベースの羽根である従来の軸流送風機に対し、最小比騒音 $K_{smin}$ の値は小さく、最高3.0 [dB(A)]低騒音である。

【0079】図68は、羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta$ 、 $\alpha$ ＝一定の時の、図60における羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径 $R_s$ と羽根外周部半径 $R_t$ の比率(＝ $R_s/R_t$ )の大きさによって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音 $K_s$ は、動作点によって変化するため、比騒音 $K_s$ が最小となる動作点での値を最小比騒音 $K_{smin}$ としてグラフ化している。図に示すように、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径 $R_s$ が羽根外周部半径 $R_t$ の40～60%の間であれば、最小比騒音 $K_{smin}$ は低く、ベースの羽根である従来の軸流送風機に対し、最高3.0 [dB(A)]低騒音である。図69は、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径 $R_s$ と羽根外周部半径 $R_t$ の比率(＝ $R_s/R_t$ )と羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta$ の騒音特性への影響を実験的に検討し、比騒音 $K_s$ が最小となる動作点での値をグラフ化したものである。

【0080】図より、 $0.4 \leq R_s/R_t \leq 0.6$ かつ $20^\circ \leq \delta \leq 50^\circ$ であれば、最小比騒音 $K_{smin}$ は十分小さく低騒音である。図70は、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径 $R_s$ と羽根外周部半径 $R_t$ の比率と羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta$ の羽根への最大応力 $\sigma$ への影響を実験的に検討したものである。図中 $R_b/R_t$ での値を示す●はベースの羽根である軸流送風機の羽根前縁ボス部より部分を局所的に板厚を厚くしなかった場合の最大応力である。図より、 $0.4 \leq R_s/R_t$ かつ $20^\circ \leq \delta \leq 50^\circ$ であれば、羽根の強度は十分である。従って、図69、70より $0.4 \leq R_s/R_t \leq 0.6$ かつ $20^\circ \leq \delta \leq 50^\circ$ であれば、低騒音かつ強度が十分な羽根を得られる。

32

【0081】この発明に係る軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、および上記ボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、回転軸を原点 $O$ とし、ベースの羽根10'のボス部半径 $R_b$ における羽根前縁部上の点1ba $O'$ と原点 $O$ を結んだ直線1ba $O' - O$ を、原点 $O$ を中心に回転方向に $20^\circ \sim 50^\circ$ の間である角度 $\delta$ 分回転させた時の点を羽根前縁ボス部延長終点1bb'としたとき、羽根を任意半径 $R$ の円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、前記羽根10'とそり角 $\theta$ 、食い違い角 $\phi$ が同一のまま、ボス部半径 $R_b$ での翼弦を、前記点1bb'まで延長し、このときの前記羽根10'のボス部半径 $R_b$ における翼弦長 $L_bO$ と前記点1bb'～羽根後縁部1Cbまでの翼弦長 $L_b$ 、この差を $\Delta L_b$ とし、羽根外周部半径の40～60%の半径 $R_s$ での羽根前縁部上の点1bs'での翼弦長 $L_s$ とすると、ボス部半径 $R_b$ から前記羽根前縁部上の点1bs'までの翼弦長 $L$ の半径方向分布を

$$L = \Delta L_b / (R_s - R_b) \times (R - R_b)^2 + L_s \quad (R_b \leq R \leq R_s)$$

で与え、羽根形状を形成したものである。

【0082】この発明に係る軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、および上記ボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、回転軸を原点 $O$ とし、ベースの羽根10'のボス部半径 $R_b$ における羽根前縁部上の点1ba $O'$ と原点 $O$ を結んだ直線1ba $O' - O$ を、原点 $O$ を中心に回転方向に $20^\circ \sim 50^\circ$ の間である角度 $\delta$ 分回転させた時の点を羽根前縁ボス部延長終点1bb'としたとき、羽根を任意半径 $R$ の円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、前記羽根10'とそり角 $\theta$ 、食い違い角 $\phi$ が同一のまま、ボス部半径 $R_b$ での翼弦を、前記点1bb'まで延長し、このときの前記羽根10'のボス部半径 $R_b$ における翼弦長 $L_bO$ と前記点1bb'～羽根後縁部1Cbまでの翼弦長 $L_b$ 、この差を $\Delta L_b$ とし、羽根外周部半径の40～60%の半径 $R_s$ での羽根前縁部上の点1bs'での翼弦長 $L_s$ とすると、ボス部半径 $R_b$ から前記羽根前縁部上の点1bs'までの翼弦長 $L$ の半径方向分布を

$$L = \Delta L_b / (R_s - R_b) \times (R - R_b)^2 + L_s \quad (R_b \leq R \leq R_s)$$

で与え、羽根形状を形成したものである。ベースの羽根10'に比べ翼弦長が長くなり、羽根面上での圧力上昇が稼げるとともに、高圧損時、羽根前縁部のボス部寄

(13)

特開平9-68199

33

34

り部分において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れがこの縦渦に誘導されながら外部へ送風され、高圧損時における羽根前縁部付近の吸い込み流れの剥離による羽根負圧面上の流れの乱れを無くせ、低騒音化を図ることができ、かつ、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、羽根前縁部のボス部寄り付近とボス部との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止することなく、羽根とボス部の接続部をR形状きみに羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

【0083】この発明に係る軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、および上記ボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、ベースの羽根10'のボス部半径Rbにおける羽根前縁部上の点1ba0'と原点Oを結んだ直線1ba0'-Oを、原点Oを中心に回転方向に20°〜50°の間である角度 $\delta$ 分回転させた時の点を羽根前縁ボス部延長終点1bb'としたとき、羽根を任意半径Rの円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、前記羽根10'とそり角 $\theta$ 、食い違い角 $\phi$ が同一のまま、ボス部半径Rbでの翼弦を、前記点1bb'まで延長し、このときの前記羽根10'のボス部半径Rbにおける翼弦長Lb0'と前記点1bb'〜羽根後縁部1c0'までの翼弦長Lb、この差を $\Delta Lb$ とし、羽根外周部半径の40°〜60°の半径Rsでの羽根前縁部上の点1bsでの翼弦長Lsとすると、ボス部半径Rbから前記羽根前縁部上の点1bsまでの翼弦長Lの半径方向分布を

$$L = \Delta Lb / (Rs - Rb) \times 2 \times (R - Rs) + Ls$$

$$(Rb \leq R \leq Rs)$$

で与え、羽根形状を形成したものであるため、ベースの羽根10'に比べ翼弦長が長くなり、羽根面上での圧力上昇が稼げるとともに、高圧損時、羽根前縁部のボス部寄り部分において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れがこの縦渦に誘導されながら外部へ送風され、高圧損時における羽根前縁部付近の吸い込み流れの剥離による羽根負圧面上の流れの乱れを無くせ、低騒音化を図ることができ、かつ、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、羽根前縁部のボス部寄り付近とボス部との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止することなく、羽根とボス部の接続部をR形状きみに羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必

要がなくなる。

【0084】実施例10

以下、他の一実施例を図に基づいて説明する。図71はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図で、例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す矢印、1bは羽根前縁部、1dは羽根外周部、1cは羽根後縁部を示す。図72は、図71における正面図である。図中Lは翼弦長であり、羽根間の円周方向距離（ピッチ）であるTとの比で定義される節弦比 $T/L$ の値を各半径点において、 $T/L = 1.1 \sim 2.0$ としている。図73は、回転軸3と直交する平面に羽根1を投影した投影図である。図において、図72と同一符号のものは同一のものを示す。1'は投影図における羽根、1b'は投影図における羽根前縁部、1c'は投影図における羽根後縁部、1d'は投影図における羽根外周部である。また、図中破線は、本発明による軸流送風機の羽根1'を形成する際のベースになる羽根10'で、1b0'はベースになる羽根の羽根前縁部、1d0'はベースになる羽根の羽根外周部、1c0'はベースになる羽根の羽根後縁部を示す。

【0085】また回転軸3から任意半径Rの円筒面でベースの羽根10'を切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図における円弧1bR0'-PR0'-1cR0'は、羽根断面形状となる。ここで、PR0'は弧1bR0'-1cR0'の中点であり、回転軸3と直交する平面に羽根10'を投影した投影図における翼弦線中心点となる。この投影図におけるPRO'の位置を明確化するために、ボス部半径Rbの円筒面で羽根10'を切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図におけるボス部翼弦線中心点Pb0'とし、回転軸3の投影図における位置Oとを結ぶ直線Pb0'-OをX軸として、Oを原点とした座標系を投影図に形成する。またP10'は羽根外周部半径Rtにおける羽根外周部1d0'での翼弦線中心点とする。上記座標系において、直線PRO'-OとX軸のなす角度を $\delta$  ( $\delta$ :回転方向前進角)とし、羽根外周部での翼弦線中心点P10'と原点Oを結んだ直線P10'-OとX軸のなす角度を $\delta\theta$ とし、 $\delta\theta = \delta \times (R - Rb) / (Rt - Rb)$ で与え、 $\delta\theta = 25 \sim 40^\circ$ としている。

【0086】本発明による軸流送風機は、この前記図中は破線で示したベースの羽根10'の羽根外周部半径Rtと羽根ボス部半径Rbの間である任意半径Rsをもつ羽根前縁部1b0'上の点1bs' (1bs':羽根前縁ボス部延長開始点)、羽根の付け根であるボス部半径Rbの羽根前縁部1b0'上の点1ba0'と原点Oを

(19)

特開平9-68199

35

結んだ直線  $1baO^* - O$  を、原点  $O$  を中心に回転方向に角度  $\delta\alpha b$  ( $\delta\alpha b$ : 羽根前縁ボス部前進延長角) 分回転させた時の点  $1bb^*$  ( $1bb^*$ : 羽根前縁ボス部延長終点) とする時、前記直線  $1baO^* - O$  を、 $O^*$  ~ 前記羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta\alpha b$  の間の任意角度  $\delta\alpha$  分回転させ、羽根外周部方向に延長したときの半径  $Rb$  と半径  $Rs$  の間の任意半径  $Rc$  における点  $1bc^*$  とすると、この時の任意回転角度  $\delta\alpha$  の半径方向分布を  $\delta\alpha = (\delta\alpha b / (Rb - Rs) 2) \times (R - Rs) 2$  ( $Rb \leq R \leq Rs$ )

で与え、前記羽根と連続するように、ベースの羽根  $1O^*$  の羽根前縁部  $1bO^*$  を基準にして、半径  $Rs$  の羽根前縁ボス部延長開始点  $1bs^*$  から前記点  $1bc^*$  を通り、ボス部半径  $Rb$  の羽根前縁ボス部延長終点  $1bb^*$  の間の羽根前縁部  $1bO^*$  を回転方向に前進延長させ、羽根形状を形成したものである。

【0087】図74は、図73における図中破線で示したベースの羽根  $1O^*$  のボス部半径  $Rb$  での翼弦線中心点  $PbO^*$  を相対的な原点として、羽根面を形成したとき、ベースの羽根  $1O^*$  をボス部半径  $Rb$  の円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図を示す。なお実線が本発明の羽根  $1$  を示す。図中、ベースの羽根のそり線  $\theta$  を円弧形状とし、その円弧を形成するための中心角であるそり角  $\theta$ 、円弧を形成する半径を  $RR$  とする。このとき、そり角  $\theta$  の半径方向分布を  $\theta = (\theta t - \theta b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \theta b$  ( $\theta t$ : 羽根外周部でのそり角、 $\theta b$ : 羽根ボス部でのそり角)

とし、 $\theta t = 25 \sim 35^\circ$ 、 $\theta b = 30 \sim 55^\circ$ 、 $\theta t < \theta b$  としている。また、羽根の取付位置は、その翼弦線  $1baO - 1CO$  と、回転軸3と平行でベースの羽根  $1O$  の羽根前縁部  $1baO$  を通る直線6とのなす角度を食い違い角  $\xi$  とし、 $\xi$  に半径方向の分布をもたせることにより決定する。すなわち  $\xi$  の半径方向分布を  $\xi = (\xi t - \xi b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \xi b$  ( $\xi t$ : 羽根外周部での食い違い角、 $\xi b$ : 羽根ボス部での食い違い角)

とし、 $\xi t = 55 \sim 70^\circ$ 、 $\xi b = 40 \sim 65^\circ$ 、 $\xi t > \xi b$  としている。このようなベースの羽根  $1O$  に対し、本発明での軸流送風機の羽根は、図73で示した直線  $1baO^* - O$  を原点  $O$  中心に回転方向に  $\delta\alpha b$  回転させた時のボス部半径  $Rb$  における点  $1bb^*$  の図74の展開図における点  $1bb^*$  までを、同一円弧で回転方向に延長させたものである。

【0088】このように形成することにより、高圧損時、図73の半径  $Rc$  における  $X-X$  断面である図75において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する縦渦10により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ12がこの縦渦10に誘導されながら図76のように外部へ送風される。これにより、従来の

36

軸流送風機における問題点として、図102に示したような、高圧損時における羽根前縁部  $1b$  付近の吸い込み流れ12の剥離による羽根負圧面8上の流れ11の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。また、従来の軸流送風機では、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、図98のように羽根前縁部  $1b$  のボス部寄り付近とボス部2との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止していた。そのため、図98の  $B-B$  断面を展開した展開図である図103に示すように、板厚の厚い羽根前縁部  $1b$  で吸い込み流れ12が衝突し、負圧面上の吸い込み流れ11が乱れていた。本発明において、図73のように羽根1とボス部の接続部を  $R$  形状に羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

【0089】しかし、前記直線  $1baO^* - O$  を原点  $O$  中心に回転方向させる時の羽根ボス部前進延長角  $\delta\alpha b$  および羽根前縁ボス部延長開始点  $1bs^*$  での半径  $Rs$  が大きすぎると図74に相当する図77のように吸い込み流れ12が羽根前縁部  $1bb^*$  で衝突し、羽根面に乱れが発生させ騒音悪化し、小さすぎると効率がなくなり、かつ強度不足となる。従って、この角度  $\delta\alpha b$  および半径  $Rs$  の最適範囲が存在する。図78は、羽根前縁ボス部延長開始点  $1bs$  における半径  $Rs$  = 一定の時の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta\alpha b$  の大きさによって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音  $Ks$  は、動作点によって変化するため、比騒音  $Ks$  が最小となる動作点での値を最小比騒音  $Ksm : n$  としてグラフ化している。図に示すように、羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta\alpha b$  が  $20 \sim 50^\circ$  の間であれば、ベースの羽根である従来の軸流送風機に対し、最小比騒音  $Ksm : n$  の値は小さく、最高  $2.5$  [dB(A)] 低騒音である。

【0090】図79は、羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta\alpha b$  = 一定の時の、図73における羽根前縁ボス部延長開始点  $1bs^*$  における半径  $Rs$  と羽根外周部半径  $Rt$  の比率 ( $= Rs / Rt$ ) の大きさによって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音  $Ks$  は、動作点によって変化するため、比騒音  $Ks$  が最小となる動作点での値を最小比騒音  $Ksm : n$  としてグラフ化している。図に示すように、羽根前縁ボス部延長開始点  $1bs^*$  における半径  $Rs$  が羽根外周部半径  $Rt$  の  $40 \sim 70\%$  の間であれば、最小比騒音  $Ksm : n$  は低く、ベースの羽根である従来の軸流送風機に対し、最高  $2.5$  [dB(A)] 低騒音である。図80は、羽根前縁ボス部延長開始点  $1bs$  における半径  $Rs$  と羽根外周部半径  $Rt$  の比率 ( $= Rs / Rt$ ) と羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta\alpha b$  の騒音特性への影響を実験的に検討し、比騒音  $Ks$  が最小となる動作点での値をグラフ化したもので

(20)

特開平9-68199

37

ある。図より、 $0.4 \leq R_s / R_t \leq 0.7$ かつ $20^\circ \leq \delta \alpha b \leq 50^\circ$ であれば、最小比騒音 $K_{sm:n}$ は十分小さく、最高2.5 [dB(A)] 低騒音である。図81は、羽根前縁ボス部延長開始点 $l b s$ における半径 $R_s$ と羽根外周部半径 $R_t$ の比率と羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta \alpha b$ の羽根への最大応力 $\sigma$ への影響を実験的に検討したものである。図中 $R_b / R_t$ での値を示す●はベースの羽根である軸流送風機の羽根前縁部ボス部より部分を局所的に板厚を厚くしなかった場合の最大応力である。図より、 $0.4 \leq R_s / R_t$ かつ $20^\circ \leq \delta \alpha b$ であれば、羽根の強度は十分である。従って、図80、81より $0.4 \leq R_s / R_t \leq 0.7$ かつ $20^\circ \leq \delta \alpha b \leq 50^\circ$ であれば、低騒音でかつ強度が十分な羽根を得られる。

【0091】この軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、およびボス部に対向する羽根外周部から図が構成される羽根とを有する軸流送風機の羽根を任意半径 $R$ の円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、その羽根断面におけるそり線の形状を円弧形状とし、その円弧を形成するための中心角を $\theta$  ( $\theta$ :そり角)とした場合、 $\theta$ の半径方向分布を $\theta = (\theta t - \theta b) \times (R - R_b) / (R_t - R_b) + \theta b$  ( $\theta t$ :羽根外周部でのそり角、 $\theta b$ :羽根ボス部半径 $R_b$ におけるそり角)で与え、 $\theta t = 25^\circ \sim 35^\circ$ 、 $\theta b = 30^\circ \sim 55^\circ$ 、 $\theta t < \theta b$ とし、上記展開図において、羽根の翼弦線と上記回転軸と平行で上記羽根の前縁部を通る直線とのなす角度を $\xi$  ( $\xi$ :食い違い角)とすると、 $\xi$ の半径方向分布を、 $\xi = (\xi t - \xi b) \times (R - R_b) / (R_t - R_b) + \xi b$  ( $\xi t$ :羽根外周部での食い違い角 $\xi$ 、 $\xi b$ :ボス部半径 $R_b$ における食い違い角)で与え、 $\xi t = 55^\circ \sim 70^\circ$ 、 $\xi b = 40^\circ \sim 65^\circ$ 、 $\xi t > \xi b$ とし、さらに、この図における $L$ は翼弦長であり、図5において示した羽根間の円周方向距離(ピッチ)である $T$ との比で定義される節弦比 $T/L$ の値を、各半径点において $T/L = 1.1 \sim 2.0$ とし、かつ上記回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、上記羽根のボス部半径 $R_b$ の円筒面で切断したときの断面における翼弦線中心点を $P b$ とし、上記回転軸を原点 $O$ として、上記 $O$ 点と $P b$ 点を結ぶ直線を $X$ 軸とした座標系で、上記羽根を任意半径 $R$ の円筒面で切断した時の翼弦線中心点を $P R$ として、直線 $P R - O$ と上記 $X$ 軸とのなす角度を $\delta \theta$  ( $\delta \theta$ :回転方向前進角)とした場合、 $\delta \theta$ の半径方向分布を

$$\delta \theta = \delta \theta t \times (R - R_b) / (R_t - R_b)$$

( $R_t$ :羽根外周部半径、 $R_b$ :羽根ボス部半径、 $\delta \theta t$ :直線 $P t - O$ と $X$ 軸のなす角度)で与え、 $\delta \theta t$ を $25 \sim 40^\circ$ とし、まず羽根形状を形成し、この時の羽根の付け根の羽根前縁部上の点 $l b a O$ と原点 $O$ を結んだ直線 $l b a O - O$ を、原点 $O$ を中心に回転方向

38

に $20 \sim 50^\circ$ の間である角度 $\delta \alpha b$ 分回転させた時のボス部半径 $R_b$ の点 $l b b$ と羽根外周部半径の $40 \sim 70\%$ の半径 $R_s$ をもつ羽根前縁部上の点 $l b s$ の間の形状を、前記羽根前縁部を基準として、前記羽根のボス部半径 $R_b$ である羽根前縁部上の点 $l b a O$ から前記角度 $\delta \alpha b$ 分回転方向に回転させたときのボス部半径 $R_b$ の羽根前縁部上の点 $l b b$ の間に存在するボス部半径 $R_b \sim$ 半径 $R_s$ の間の半径 $R_c$ の点 $l b C$ と原点 $O$ を結んだ直線 $l b C - O$ と直線 $l b a O - O$ とのなす角度を示す $\delta \alpha$ の半径方向分布を

$$\delta \alpha = (\delta \alpha b / (R_b - R_s) 2) \times (R - R_s) 2$$

$$(R_b \leq R \leq R_s)$$

で与え、前記羽根と連続するように、羽根前縁部上の点 $l b s$ よりボス部寄り部分の羽根前縁部を回転方向に延長し、羽根形状を形成したものである。高圧損時、羽根前縁部のボス部寄り部分において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する渦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れがこの縦渦に誘導されながら外部へ送風され、高圧損時における羽根前縁部 $l b$ 付近の吸い込み流れ $l 2$ の剥離による羽根負圧面8上の流れ $l 1$ の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができ、かつ、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、羽根前縁部のボス部寄り付近とボス部との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止することなく、羽根 $l$ とボス部の接続部を $R$ 形状に羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

【0092】実施例1

以下、他の一実施例を図に基いて説明する。図82はこの発明における軸流送風機の一実施例を示す斜視図で、例えば3枚羽根形状のものであり、動作については、主に1枚の羽根1について述べるが、他の羽根についても同様である。図において、1は3次元形状を持つ軸流送風機の羽根、2はこの羽根を取り付けるボス部、3は羽根1の回転軸、4は回転方向を示す矢印、 $l b$ は羽根前縁部、 $l d$ は羽根外周部、 $l c$ は羽根後縁部を示す。図83は、図82の平面図である。図中 $L$ は翼弦長であり、羽根間の円周方向距離(ピッチ)である $T$ との比で定義される節弦比 $T/L$ の値を各半径点において、 $T/L = 1.1 \sim 2.0$ としている。

【0093】図84は、回転軸3と直交する平面に羽根1、この羽根1のベースになる羽根 $l O$ を投影した投影図である。図において、図83と同一符号のものは同一のものを示す。 $l$ は投影図における羽根、 $l b$ は投影図における羽根前縁部、 $l c$ は投影図における羽根後縁部、 $l d$ は投影図における羽根外周部である。また、図中破線は、本発明による軸流送風機の羽根1を形成する際のベースになる羽根 $l O$ で、 $l b O$ はベースになる羽根の羽根前縁部、 $l d O$ はベ



(21)

特開平9-68199

39

スになる羽根の羽根外周部。1C O' はベースになる羽根の羽根後縁部を示す。また回転軸3から任意半径Rの円筒面でベースの羽根1 O' を切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図における円弧1 b R O' - P R O' - 1 c R O' は、羽根断面形状となる。ここで、P R O' は弧1 b R O' - 1 c R O' の中点であり、回転軸3と直交する平面に羽根1 O' を投影した投影図における翼弦線中心点となる。この投影図におけるP R O' の位置を明確化するために、ボス部半径R b の円筒面で羽根1 O' を切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図におけるボス部翼弦線中心点P b O' とし、回転軸3の投影図における位置Oとを結ぶ直線P b O' - OをX軸として、Oを原点とした座標系を投影図に形成する。またP t O' は羽根外周部半径R t における羽根外周部1 d O' での翼弦線中心点とする。上記座標系において、直線P R O' - OとX軸のなす角度を $\delta \theta$  ( $\delta \theta$ : 回転方向前角) とし、羽根外周部での翼弦線中心点P t O' と原点Oを結んだ直線P t O' - OとX軸のなす角度を $\delta \theta t$  とし、 $\delta \theta = \delta \theta t \times (R - R b) / (R t - R b)$  で与え、 $\delta \theta t = 25 \sim 40^\circ$

としている。本発明による軸流送風機は、図中破線で示したベースの羽根1 O' の羽根外周部半径R t と羽根ボス部半径R b の間である任意半径R s をもつ羽根前縁部1 b O' 上の点1 b s' (1 b s': 羽根前縁ボス部延長開始点)、羽根の付け根であるボス部半径R b の羽根前縁部1 b O' 上の点1 b a O' と原点Oを結んだ直線1 b a O' - Oを、原点Oを中心に回転方向に角度 $\delta \alpha$  b ( $\delta \alpha$  b: 羽根前縁ボス部前延角) 分回転させた時の点1 b b' (1 b b': 羽根前縁ボス部延長終点) とするとき、前記羽根前縁ボス部延長開始点における半径R s から羽根前縁ボス部延長終点1 b b' における半径R b までの羽根の翼弦線を回転方向に延長した形状である。次の図で詳細に述べる。

【0094】図85は、図84における図中破線で示したベースの羽根1 O' のボス部半径R b での翼弦線中心点P b O' を相対的な原点として、羽根面を形成したとき、ベースの羽根1 O' をボス部半径R b の円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図を示す。なお実線が本発明の羽根1を示す。図中、ベースの羽根のそり角 $\delta$ を円弧形状とし、その円弧を形成するための中心角であるそり角 $\theta$ 、円弧を形成する半径をR R Oとする。このとき、そり角 $\theta$ の半径方向分布を $\theta = (\theta t - \theta b) \times (R - R b) / (R t - R b) + \theta b$  ( $\theta t$ : 羽根外周部でのそり角、 $\theta b$ : 羽根ボス部でのそり角)

とし、 $\theta t = 25 \sim 35^\circ$ 、 $\theta b = 30 \sim 55^\circ$ 、 $\theta t < \theta b$ としている。また、羽根の取付位置は、その翼弦線1 b a O - 1 C Oと、回転軸3と平行でベースの羽根1 Oの羽根前縁部1 b a Oを通る直線 $\delta$ とのなす角度を

40

食い違い角 $\delta$ とし、 $\delta$ に半径方向の分布をもたせることにより決定する。すなわち $\delta$ の半径方向分布を

$\delta = (\delta t - \delta b) \times (R - R b) / (R t - R b) + \delta b$  ( $\delta t$ : 羽根外周部での食い違い角、 $\delta b$ : 羽根ボス部での食い違い角)

とし、 $\delta t = 55 \sim 70^\circ$ 、 $\delta b = 40 \sim 65^\circ$ 、 $\delta t > \delta b$ としている。このようなベースの羽根1 Oに対し、本発明での軸流送風機の羽根1は、前記羽根1 Oとそり角 $\theta$ 、食い違い角 $\delta$ が同一のまま、ボス部半径R b での翼弦を、図84で示した羽根前縁ボス部延長終点1 b b' まで回転方向に延長し、本図における前記羽根1 Oのボス部半径R b における翼弦長L b Oと点1 b b' ~ 羽根後縁部1 C b までの翼弦長L b'。この差を $\Delta L b$  ( $= L b' - L b O$ ) とし、羽根ボス部延長開始点1 b s' における半径R s での翼弦長L S とすると、ボス部半径R b から前記半径R s までの翼弦長Lの半径方向分布を $L = \Delta L b / (R s - R b) 2 \times (R - R s) 2 + L S$  ( $R b \leq R \leq R s$ )

で与え、羽根形状を形成したものである。

【0095】このように形成することにより、図85のようにベースの羽根1 Oに比べ翼弦長が長くなり、羽根面上での圧力上昇が稼げるとともに、高圧損時、図84のY-Y断面である図86において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する安定した渦渦10により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れ12がこの渦渦10に誘導されながら図87のように外部へ送風される。これにより、従来の軸流送風機における問題点として、図102に示したような、高圧損時における羽根前縁部1 b 付近の吸い込み流れ12の割離による羽根負圧面8上の流れ11の乱れを無くせ、低騒音化を図ることができる。また、従来の軸流送風機では、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、図98のように羽根前縁部1 b のボス部寄り付近とボス部2との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止していた。そのため、図98のB-B断面を展開した展開図である図103に示すように、板厚の厚い羽根前縁部1 b で吸い込み流れ12が衝突し、負圧面上の吸い込み流れ11が乱れていた。本発明において、図84のように羽根1とボス部の接続部をR形状きみに羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

【0096】しかし、前記直線1 b a' - Oを原点Oを中心に回転方向させる時の羽根ボス部前延角 $\delta \alpha$  b につき、ボス部半径R b における翼弦長L b' が大きすぎると図85に相当する図88において、羽根後縁部1 C b 付近で、羽根負圧面8上の流れ11や渦渦10が羽根負圧面8から剥離を起こしたり、図89に示す軸流送風機全周をボス部半径R b の円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる全周展開図を示すように、



(22)

特開平9-68199

41

羽根1の負圧面8を剥離した負圧面上の流れ11と縦渦10が次に旋回してくる羽根1Nの圧方面9Nの流れ13に乱れを与え、騒音悪化が起こり、また、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'での半径Rsが小さすぎると効果なくなり、かつ強度不足となる。従って、この角度 $\delta\alpha b$ および半径Rsの最適範囲が存在する。

【0097】図90は、ベースになる従来の軸流送風機と上記第11の発明の一実施例による軸流送風機との流況係数に対する圧力係数の関係および比騒音Ks

【dB(A)】を実験的に求めた特性図である。図中黒丸、黒四角は従来の軸流送風機の特性、最小比騒音を、×、□は第11の発明の一実施例における軸流送風機の特性、最小比騒音を示す。この特性図からわかるように、従来の比、動作領域が低風量側まで延びかつ全体的に高静圧化が図れている。一方、比騒音Ksは最大で3【dB(A)】の低減が図れ低騒音である。図91は、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径Rs=一定の時の羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ の大きさによって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音Ksは、動作点によって変化するため、比騒音Ksが最小となる動作点での値を最小比騒音Ksminとしてグラフ化している。図に示すように、羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ が20°~50°の間であれば、ベースの羽根である従来の軸流送風機に対し、最小比騒音Ksminの値は小さく、最高3.0【dB(A)】低騒音である。

【0098】図92は、羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ =一定の時の、図47における羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径Rsと羽根外周部半径Rtの比率(=Rs/Rt)の大きさによって、騒音特性への影響を実験的に求めたものである。このとき比騒音Ksは、動作点によって変化するため、比騒音Ksが最小となる動作点での値を最小比騒音Ksminとしてグラフ化している。図に示すように、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径Rsが羽根外周部半径Rtの40~60%の間であれば、最小比騒音Ksminは低く、ベースの羽根である従来の軸流送風機に対し、最高3.0【dB(A)】低騒音である。図93は、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径Rsと羽根外周部半径Rtの比率(=Rs/Rt)と羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ の騒音特性への影響を実験的に検討し、比騒音Ksが最小となる動作点での値をグラフ化したものである。

【0099】図より、 $0.4 \leq Rs/Rt \leq 0.6$ かつ $20^\circ \leq \delta\alpha b \leq 50^\circ$ であれば、最小比騒音Ksminは十分小さく低騒音である。図94は、羽根前縁ボス部延長開始点1bs'における半径Rsと羽根外周部半径Rtの比率と羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ の羽根への最大応力 $\sigma$ への影響を実験的に検討したものである。図中Rb/Rtでの値を示す●はベースの羽根である軸流送風

42

機の羽根前縁部ボス部より部分を局部的に板厚を厚くしなかった場合の最大応力である。図より、 $0.4 \leq Rs/Rt$ かつ $20^\circ \leq \delta\alpha b$ であれば、羽根の強度は十分である。従って、図93、94より $0.4 \leq Rs/Rt \leq 0.6$ かつ $20^\circ \leq \delta\alpha b \leq 50^\circ$ であれば、低騒音でかつ強度が十分な羽根を得られる。

【0100】この軸流送風機は、羽根を取り付けて回転するボス部と、回転方向に面する羽根前縁部、回転方向と反対方向に面する羽根後縁部、およびボス部に対向する羽根外周部から周が構成される羽根とを有する軸流送風機の羽根を任意半径Rの円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、その羽根断面におけるそり線の形状を円弧形状とし、その円弧を形成するための中心角を $\theta$ ( $\theta$ :そり角)とした場合、 $\theta$ の半径方向分布を $\theta = (\theta t - \theta b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \theta b$ ( $\theta t$ :羽根外周部でのそり角、 $\theta b$ :羽根ボス部半径Rbにおけるそり角)で与え、 $\theta t = 25^\circ \sim 35^\circ$ 、 $\theta b = 30^\circ \sim 55^\circ$ 、 $\theta t < \theta b$ とし、上記展開図において、羽根の翼弦線と上記回転軸と平行で上記羽根の前縁部を通る直線とのなす角度を $\xi$ ( $\xi$ :食い違い角)とすると、 $\xi$ の半径方向分布を、 $\xi = (\xi t - \xi b) \times (R - Rb) / (Rt - Rb) + \xi b$ ( $\xi t$ :羽根外周部での食い違い角、 $\xi b$ :ボス部半径Rbにおける食い違い角)で与え、 $\xi t = 55^\circ \sim 70^\circ$ 、 $\xi b = 40^\circ \sim 65^\circ$ 、 $\xi t > \xi b$ とし、かつ上記回転軸と直交する平面に軸流送風機を投影した投影図において、上記羽根のボス部半径Rbの円筒面で切断したときの断面における翼弦線中心点をPbO'とし、上記回転軸を原点Oとして、上記O点とPbO'点とを結ぶ直線をX軸とした座標系で、上記羽根を任意半径Rの円筒面で切断した時の翼弦線中心点をPR O'として、直線PR O' - Oと上記X軸とのなす角度を $\delta\theta$ ( $\delta\theta$ :回転方向前進角)とした場合、 $\delta\theta$ の半径方向分布を

$$\delta\theta = \delta\theta t \times (R - Rb) / (Rt - Rb)$$
  
(Rt:羽根外周部半径、Rb:羽根ボス部半径、 $\delta\theta t$ :直線PtO' - OとX軸のなす角度)で与え、 $\delta\theta t$ を $25^\circ \sim 40^\circ$ とし、さらに、翼弦長LO、羽根間の円周方向距離(ピッチ)であるTとの比で定義される節弦比T/LOの値を、各半径点においてT/LO=1.1~2.0とし、まず羽根形状1O'を形成し、前記投影図において、羽根1O'のボス部半径Rbにおける羽根前縁部上の点1baO'と原点Oを結んだ直線1baO' - Oを、原点Oを中心に回転方向に20°~50°の間である角度 $\delta\alpha b$ 分回転させた時の点を羽根前縁ボス部延長終点1bb'としたとき、羽根を任意半径Rの円筒面で切断し、その断面を2次元平面に展開して得られる展開図において、前記羽根1O'とそり角 $\theta$ 、食い違い角 $\xi$ が同一のまま、ボス部半径Rbでの翼弦を、前記点1bb'まで延長し、このときの前記羽根1O'のボス部半

(23)

特開平9-68199

43

径R bにおける翼弦長L b Oと前記点1 b r ~羽根後縁部1 C bまでの翼弦長L b。この差を $\Delta L b$ とし、羽根外周部半径の40~60%の半径R sでの羽根前縁部上の点1 b sでの翼弦長L Sとすると、ボス部半径R bから前記羽根前縁部上の点1 b sまでの翼弦長Lの半径方向分布を

$$L = \Delta L b / (R s - R b) \times 2 \times (R - R s) + L S$$

$$(R b \leq R \leq R s)$$

で与え、羽根形状を形成したものである。ベースの羽根1 Oに比べ翼弦長が長くなり、羽根面上での圧力上昇が稼げるとともに、高圧損時、羽根前縁部のボス部寄り部分において、圧力面9から負圧面8への流れの回り込みにより発生する縦渦により、流れは羽根面上に沿い、かつ吸い込み流れがこの縦渦に誘導されながら外部へ送風され、高圧損時における羽根前縁部付近の吸い込み流れの剥離による羽根負圧面上の流れの乱れを無くせ、低騒音化を図ることができ、かつ、台風などの強風により強制的にファンが高回転するときの対処として、羽根前縁部のボス部寄り付近とボス部との接続部の羽根の板厚を一部厚くして、羽根の付け根の強風による応力集中を回避し、破損を防止することなく、羽根とボス部の接続部をR形状きみに羽根形状を形成したものであるため、応力集中を回避でき、板厚を局部的に厚くする必要がなくなる。

#### 【0101】実施例12

図95は、上記の発明に係る軸流送風機を組み込んだ空気調和機の室外機を示す斜視図である。図95は、上述の発明に係る羽根1を有する軸流送風機20を組み込んだ空気調和機の室外機18を示す説明図である。又図96は、同様に本発明の軸流送風機20を含めた冷凍サイクルの説明図である。図96において、冷房時の冷媒の流れを実線矢印で、暖房時の冷媒の流れを破線矢印で示す。暖房時において圧縮機21から四方弁23を通った冷媒は室内側熱交換器25にて凝縮され、フレア27、延長パイプ28、フレアバルブ26を介し絞り29で圧力が低下して室外側熱交換器24にて蒸発し、圧縮機へ戻る。この室外側熱交換器24は外気環境の変化にさらされており、露や霜がつきやすい。又周囲のホコリ等を吸い込み汚れる機械が一段と多い。このような室外熱交換器24に、露や霜が全面あるいは一部に付着したり、ゴミ等が多少なりとついた場合、風路抵抗が過大となり、高圧力損失状態となる。しかも、蒸発器として使う場合には高風量が必要となる。このような条件においても、本発明形状の羽根を有する軸流送風機は特性的に広い範囲での能力が発揮できるとともに低騒音を保つことができる。さらに従来の装置に比し多い風量を得ることができるので、熱交換器による熱交換能力がふえ、効率の良い空気調和機が実現できる。

#### 【0102】

【発明の効果】この発明に係る軸流送風機は、翼面で生

44

成する気体の圧力上昇を高くできるので、風路抵抗すなわち圧力損失が大きい時でも使用できる。さらに抵抗の小さい風路でも羽根表面渦によって風を外部から取り込めるようになり、風量を多く出せる。したがって、ファン性能として失速の少ない使用範囲が広い軸流送風機が得られる。又、この発明に係る軸流送風機は、羽根形状により安定して渦を制御でき、渦が風の流れを羽根面に沿わせるので次に回転してくる羽根の圧力面側の流れの乱れを防止でき騒音を低下させることができる。又、本発明においては、性能が良く強度的にも信頼性の高い軸流送風機が得られる。又、周囲の変化の影響が少ない空気調和機が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 発明に係る実施例1による軸流送風機の斜視図

【図2】 発明に係る実施例1による軸流送風機の正面図

【図3】 発明に係る実施例1による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図4】 発明に係る実施例1による軸流送風機の図3におけるY-Y断面図

【図5】 発明に係る実施例1による軸流送風機の図3におけるX-X断面図

【図6】 発明に係る実施例1による軸流送風機と従来の軸流送風機の流量係数 $\phi$ と比騒音K s、圧力係数 $\psi$ の関係を示すグラフ

【図7】 発明に係る実施例2による軸流送風機の斜視図

【図8】 発明に係る実施例2による軸流送風機の正面図

【図9】 発明に係る実施例2による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図10】 発明に係る実施例2による軸流送風機の図9におけるY-Y断面図

【図11】 発明に係る実施例2による軸流送風機の三角形平板7の取付方法を示す図

【図12】 発明に係る実施例2による軸流送風機の図9におけるX-X断面図

【図13】 発明に係る実施例2による軸流送風機の回転角度 $\beta$  =一定での羽根外周部半径R tに対する三角形平板7の頂点である羽根前縁部上の点1 b sにおける任意半径R sの比率R s/R tに対する最小比騒音のグラフ

【図14】 発明に係る実施例2による軸流送風機の任意半径R s/R t =一定における三角形平板7のボス部半径R bにおける頂点を決定するときの回転角度 $\beta$ に対する最小比騒音のグラフ

【図15】 発明に係る実施例2による軸流送風機の羽根外周部半径R tに対する三角形平板7の頂点である羽根前縁部上の点1 b sにおける任意半径R sの比率R s

(24)

特開平9-68199

45

／ $R_t$ と三角形平板7のボス部半径 $R_b$ における頂点を決定するときの回転角度 $\beta$ に対する最小比騒音 $K_{smin}$ のグラフ

【図16】 発明に係る実施例3による軸流送風機の斜視図

【図17】 発明に係る実施例3による軸流送風機の正面図

【図18】 発明に係る実施例3による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図19】 発明に係る実施例3による軸流送風機の図18におけるX-X断面図

【図20】 発明に係る実施例3による軸流送風機の回転角度 $\beta$ ＝一定での羽根外周部半径 $R_t$ に対する三角形平板7の頂点である羽根前縁部上の点1bにおける任意半径 $R_s$ の比率 $R_s/R_t$ に対する最小比騒音のグラフ

【図21】 発明に係る実施例3による軸流送風機の任意半径 $R_s/R_t$ ＝一定における三角形平板7のボス部半径 $R_b$ における頂点を決定するときの回転角度 $\beta$ に対する最小比騒音のグラフ

【図22】 発明に係る実施例3による軸流送風機の羽根外周部半径 $R_t$ に対する三角形平板7の頂点である羽根前縁部上の点1bにおける任意半径 $R_s$ の比率 $R_s/R_t$ と三角形平板7のボス部半径 $R_b$ における頂点を決定するときの回転角度 $\beta$ に対する最小比騒音のグラフ

【図23】 発明に係る実施例4による軸流送風機の斜視図

【図24】 発明に係る実施例4による軸流送風機の正面図

【図25】 発明に係る実施例4による軸流送風機の図24におけるA-A断面図

【図26】 発明に係る実施例4による軸流送風機と従来の軸流送風機の周波数特性図

【図27】 発明に係る実施例5による軸流送風機の斜視図

【図28】 発明に係る実施例5による軸流送風機の正面図

【図29】 発明に係る実施例5による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図30】 発明に係る実施例5による軸流送風機の図29におけるX-X断面図

【図31】 発明に係る実施例5による軸流送風機の負圧面上の流れを示す斜視図

【図32】 発明に係る実施例4による軸流送風機と従来の軸流送風機の流量係数 $\phi$ と比騒音 $K_s$ 、圧力係数 $\psi$ の関係を示すグラフ

【図33】 発明に係る実施例6による軸流送風機の斜視図

【図34】 発明に係る実施例6による軸流送風機の正面図

46

【図35】 発明に係る実施例6による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図36】 発明に係る実施例6による軸流送風機の図35におけるX-X断面図

【図37】 発明に係る実施例6による軸流送風機の回転角度 $\beta$ ＝一定での羽根外周部半径 $R_t$ に対する羽根前縁部上の点1bにおける任意半径 $R_s$ の比率 $R_s/R_t$ に対する最小比騒音のグラフ

【図38】 発明に係る実施例6による軸流送風機の任意半径 $R_s$ ＝一定における回転角度 $\beta$ に対する最小比騒音のグラフ

【図39】 発明に係る実施例6による軸流送風機の羽根外周部半径 $R_t$ に対する任意半径 $R_s$ の比率 $R_s/R_t$ と回転角度 $\beta$ に対する最小比騒音のグラフ

【図40】 発明に係る実施例7による軸流送風機の斜視図

【図41】 発明に係る実施例7による軸流送風機の正面図

【図42】 発明に係る実施例7による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図43】 発明に係る実施例7による軸流送風機の図42におけるA-A断面図

【図44】 発明に係る実施例7による軸流送風機の負圧面上の流れを示す斜視図

【図45】 発明に係る実施例7による軸流送風機の羽根外周部 $R_t$ に対する羽根前縁部ボス部付近とボス部との接続部分のコーナーRの半径 $R_R$ に対する最小比騒音のグラフ

【図46】 発明に係る実施例7による軸流送風機の羽根外周部 $R_t$ に対する羽根前縁部とボス部との接続部分のR形状の半径 $R_R$ に対するこの部分にかかる最大応力 $\sigma$ のグラフ

【図47】 発明に係る実施例8による軸流送風機の斜視図

【図48】 発明に係る実施例8による軸流送風機の正面図

【図49】 発明に係る実施例8による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図50】 発明に係る図49の羽根のボス部半径 $R_b$ の円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図

【図51】 発明に係る図49におけるX-X断面における安定した縦渦および流れの様子を示した図

【図52】 発明に係る実施例8による軸流送風機の負圧面上の流れを示す斜視図

【図53】 発明に係る実施例8による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta$ と $\alpha$ が大きいときの羽根負圧面上の流れを示した図

【図54】 発明に係る実施例8による軸流送風機の羽根前縁部上の羽根前縁ボス部延長開始点1bにおける

(25)

特開平9-68199

47

半径  $R_s$  = 一定時における羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  に対する最小比騒音のグラフ

【図55】 発明に係る実施例8による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  = 一定時における、羽根外周部半径  $R_t$  に対する羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  との比率  $R_s/R_t$  に対する最小比騒音のグラフ

【図56】 発明に係る実施例8による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  と羽根外周部半径  $R_t$  に対する羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  との比率  $R_s/R_t$  に対する最小比騒音のグラフ

【図57】 発明に係る実施例8による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  と羽根外周部半径  $R_t$  に対する羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  との比率  $R_s/R_t$  に対する羽根にかかる最大応力  $\sigma$  のグラフ

【図58】 発明に係る実施例9による軸流送風機の斜視図

【図59】 発明に係る実施例9による軸流送風機の正面図

【図60】 発明に係る実施例9による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図61】 発明に係る図60の羽根のボス部半径  $R_b$  の円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図

【図62】 発明に係る実施例9による軸流送風機の図60におけるX-X断面における流れを示した図

【図63】 発明に係る実施例9による軸流送風機の負圧面上の流れを示す斜視図

【図64】 発明に係る実施例9による軸流送風機の図61に相当する図における羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  が大きすぎたときの負圧面上の流れを示した図

【図65】 発明に係る実施例9による軸流送風機の図60における任意半径  $R$  の円筒面で軸流送風機全周を切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる全周展開図

【図66】 発明に係る実施例9による軸流送風機と実施例9の軸流送風機の羽根のベースとなる羽根をもつ軸流送風機の流量係数  $\phi$  と比騒音  $K_s$ 、圧力係数  $\psi$  の関係を示した図

【図67】 発明に係る実施例9による軸流送風機の羽根前縁部上の羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  = 一定時における羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  に対する最小比騒音のグラフ

【図68】 発明に係る実施例9による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  = 一定時における、羽根外周部半径  $R_t$  に対する羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  との比率  $R_s/R_t$  に対する最小比騒音のグラフ

【図69】 発明に係る実施例9による軸流送風機の羽

48

根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  と羽根外周部半径  $R_t$  に対する羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  との比率  $R_s/R_t$  に対する最小比騒音のグラフ

【図70】 発明に係る実施例9による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  と羽根外周部半径  $R_t$  に対する羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  との比率  $R_s/R_t$  に対する羽根にかかる最大応力  $\sigma$  のグラフ

【図71】 発明に係る実施例10による軸流送風機の斜視図

【図72】 発明に係る実施例10による軸流送風機の正面図

【図73】 発明に係る実施例10による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図74】 発明に係る実施例10による軸流送風機の羽根のボス部半径  $R_b$  の円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図

【図75】 発明に係る実施例10による軸流送風機の図73のX-X断面における流れを示した図

【図76】 発明に係る実施例10による軸流送風機の負圧面上の流れを示す斜視図

【図77】 発明に係る実施例10による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  が大きいときの羽根負圧面上の流れを示した図

【図78】 発明に係る実施例10による軸流送風機の羽根前縁部上の羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  = 一定時における羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  に対する最小比騒音のグラフ

【図79】 発明に係る実施例10による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  = 一定時における、羽根外周部半径  $R_t$  に対する羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  との比率  $R_s/R_t$  に対する最小比騒音のグラフ

【図80】 発明に係る実施例10による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  と羽根外周部半径  $R_t$  に対する羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  との比率  $R_s/R_t$  に対する最小比騒音のグラフ

【図81】 発明に係る実施例10による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角  $\delta$   $\alpha$   $b$  と羽根外周部半径  $R_t$  に対する羽根前縁ボス部延長開始点  $1b$   $s$  における半径  $R_s$  との比率  $R_s/R_t$  に対する羽根にかかる最大応力  $\sigma$  のグラフ

【図82】 発明に係る実施例11による軸流送風機の斜視図

【図83】 発明に係る実施例11による軸流送風機の正面図

【図84】 発明に係る実施例11による軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図85】 発明に係る実施例11による軸流送風機の羽根のボス部半径  $R_b$  の円筒面で切断し、その断面を二

(26)

特開平9-68199

49

50

次元平面に展開して得られる展開図

【図86】 発明に係る実施例11による軸流送風機の図84におけるY-Y断面における流れを示した図

【図87】 発明に係る実施例11による軸流送風機の負圧面上の流れを示す斜視図

【図88】 発明に係る実施例11による軸流送風機の図85に相当する図における羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ が大きすぎたときの負圧面上の流れを示した図

【図89】 発明に係る実施例11による軸流送風機の図84における任意半径Rの円筒面で軸流送風機全周を切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる全周展開図

【図90】 発明に係る実施例11による軸流送風機と実施例11の軸流送風機の羽根のベースとなる羽根をもつ軸流送風機の流量係数 $\phi$ と比騒音 $K_s$ 、圧力係数 $\psi$ の関係を示した図【図91】 発明に係る実施例11による軸流送風機の羽根前縁部上の羽根前縁ボス部延長開始点1bsにおける半径 $R_s$ ＝一定時における羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ に対する最小比騒音のグラフ【図92】 発明に係る実施例11による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ ＝一定時における、羽根外周部半径 $R_t$ に対する羽根前縁ボス部延長開始点1bsにおける半径 $R_s$ との比率 $R_s/R_t$ に対する最小比騒音のグラフ【図93】 発明に係る実施例11による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ と羽根外周部半径 $R_t$ に対する羽根前縁ボス部延長開始点1bsにおける半径 $R_s$ との比率 $R_s/R_t$ に対する最小比騒音のグラフ【図94】 発明に係る実施例11による軸流送風機の羽根前縁ボス部前進延長角 $\delta\alpha b$ と羽根外周部半径 $R_t$ に対する羽根前縁ボス部延長開始点1bsにおける半径 $R_s$ との比率 $R_s/R_t$ に対する羽根にかかる最大応力 $\sigma$ のグラフ

【図95】 発明に係る第1～11による軸流送風機の一つを組み込んだ空気調和機の室外機の斜視図

【図96】 発明に係る冷凍サイクルの説明図

【図97】 従来の軸流送風機を示す斜視図

【図98】 従来の軸流送風機の回転軸と直交する平面に羽根を投影したときの投影図

【図99】 従来の軸流送風機の羽根の弦線中心点P Wの半径方向分布および羽根の同位置での断面図

【図100】 従来の軸流送風機の羽根の任意半径Rの円筒面で切断し、その断面を二次元平面に展開して得られる展開図

【図101】 従来の軸流送風機の正面図

【図102】 発明に係る従来の軸流送風機の図98におけるA-A断面における高圧損時の羽根負圧面上の流れを示した図

【図103】 従来の軸流送風機の図97におけるB-

B断面における羽根前縁部のボス部付近で羽根板厚が厚い箇所における羽根前縁部および羽根負圧面上の流れを示した図

【符号の説明】

1. 羽根
- 1 O. ベースになる羽根
- 1'. 投影図における羽根
- 1 O'. 投影図におけるベースの羽根
- 1 a. 羽根先端部
- 1 a'. 投影図における羽根先端部
- 1 a O'. 投影図におけるベースになる羽根の羽根先端部
- 1 b. 羽根前縁部
- 1 b O. ベースになる羽根の羽根前縁部
- 1 b a O. ベースになる羽根の羽根前縁部のボス部半径における点
- 1 b'. 投影図における羽根前縁部
- 1 b O'. 投影図におけるベースになる羽根の羽根前縁部
- 1 b a O'. ベースになる羽根の羽根前縁部のボス部半径における点
- 1 C. 羽根後縁部
- 1 C O. ベースになる羽根の羽根後縁部
- 1 c b. 羽根後縁部上のボス部半径における点
- 1 C'. 投影図における羽根後縁部
- 1 C O'. 投影図におけるベースになる羽根の羽根後縁部
- 1 c b'. 投影図における羽根後縁部上のボス部半径における点
- 1 d. 羽根外周部
- 1 d O. ベースになる羽根の羽根外周部
- 1 d'. 投影図における羽根外周部
- 1 d O'. 投影図におけるベースになる羽根の羽根外周部
2. ボス部
3. 回転軸
4. 回転方向
5. そり線
6. 回転軸平行線
7. 三角形平板を切削したもの
- 7'. 投影図における三角形平板
8. 羽根負圧面
- 8 N. 次に巡回してくる羽根の羽根負圧面
9. 羽根圧力面
- 9 N. 次に巡回してくる羽根の羽根圧力面
10. 羽根前縁部のボス部奇りの部分に発生する渦
11. 羽根負圧面上の流れ
12. 羽根の吸い込み流れ
13. 羽根圧力面上の流れ

(27)

特開平9-68199

51

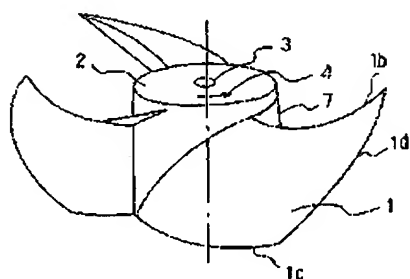
52

14. 三角形平板7の挿入方向  
 15. 三角形平板7の挿入治具  
 16. 羽根外周部における渦  
 17. モータ  
 18. 空気調和機の本体  
 20. 軸流送風機  
 22. アクкумуляター

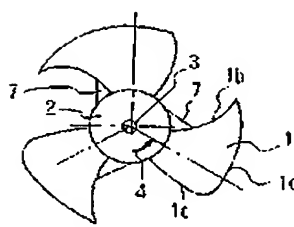
- \* 23. 四方弁  
 24. 室外熱交換器  
 25. 室内熱交換器  
 26. フレアバルブ  
 27. フレア  
 29. 絞り

\*

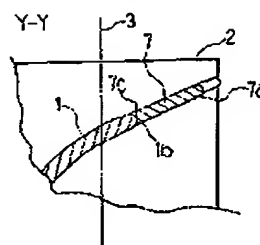
【図1】



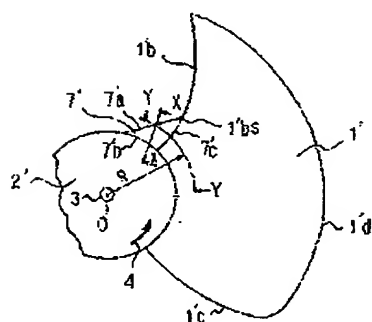
【図2】



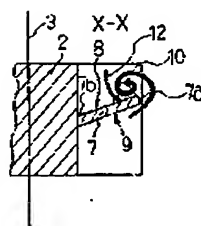
【図4】



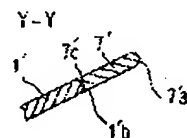
【図3】



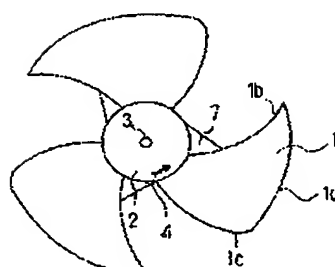
【図5】



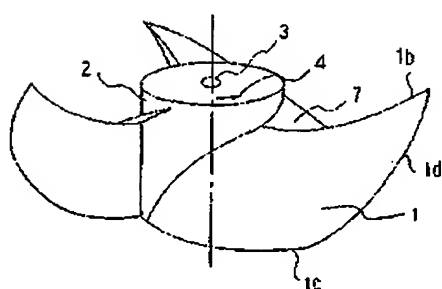
【図10】



【図8】



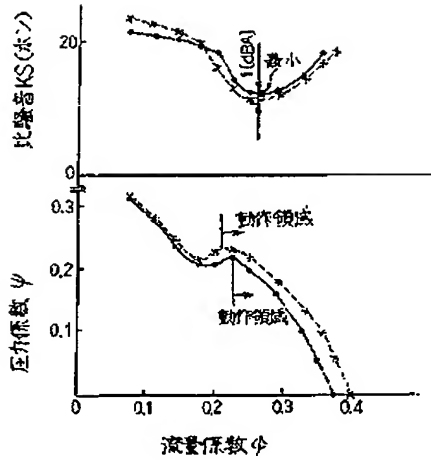
【図7】



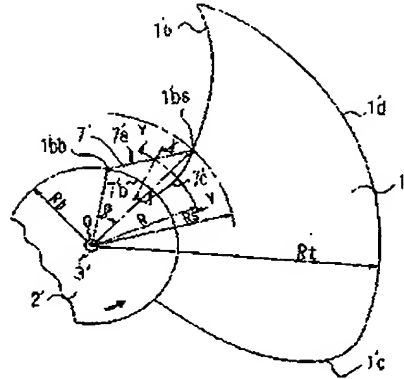
(28)

特開平9-68199

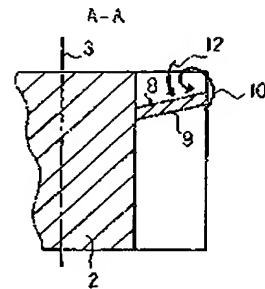
【図6】



【図9】

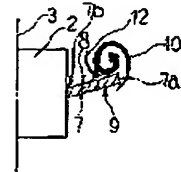


【図25】

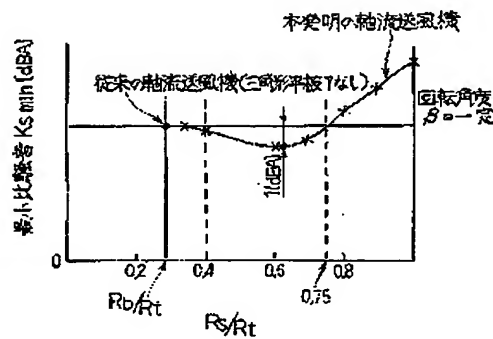


【図12】

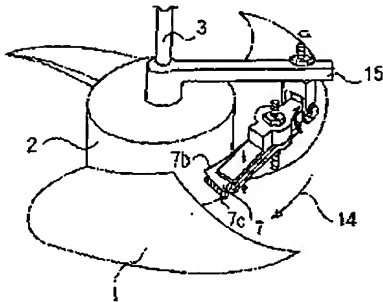
X-X



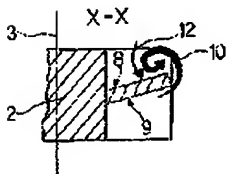
【図13】



【図11】



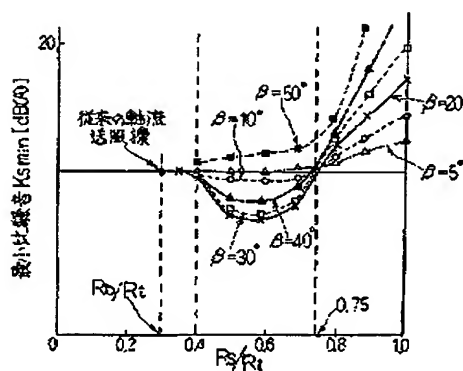
【図19】



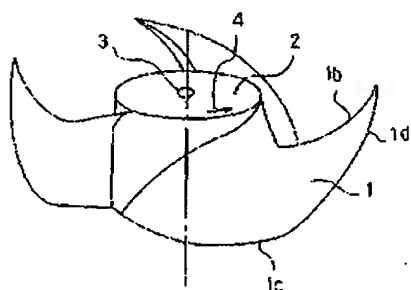


特開平9-68199

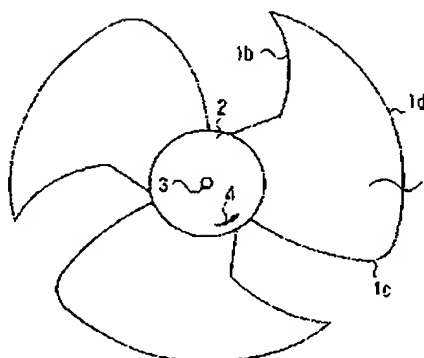
【图 15】



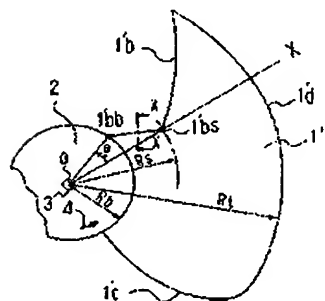
【图 16】



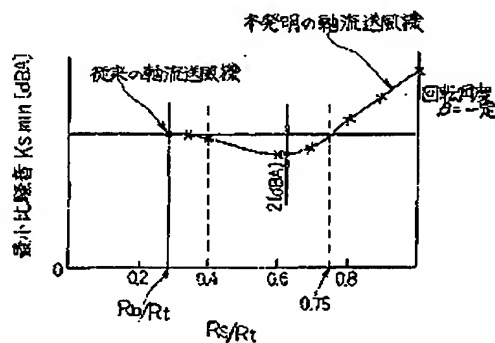
【圖 17】



【图 18】



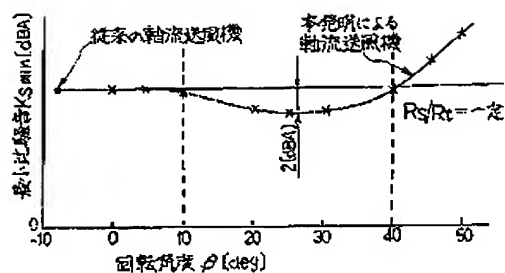
【圖20】



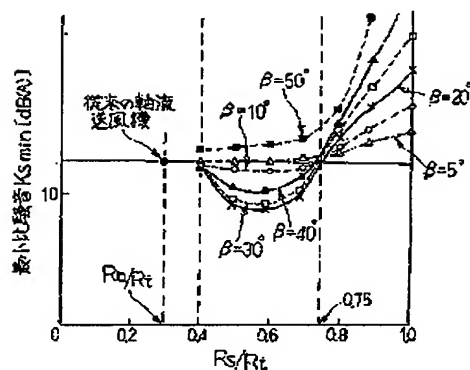
(30)

特開平9-68199

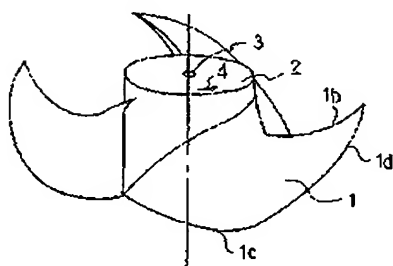
【図21】



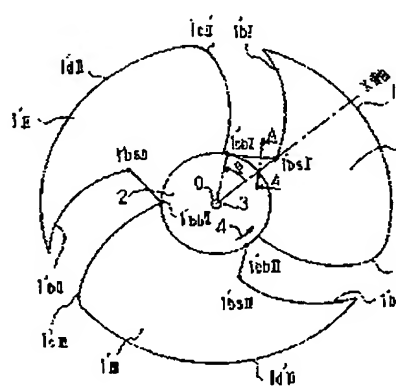
【図22】



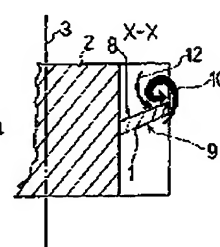
【図23】



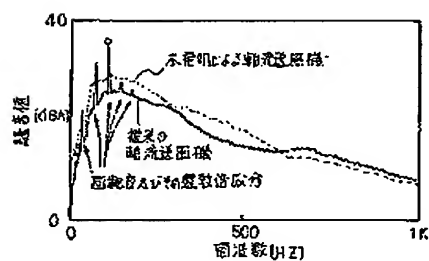
【図24】



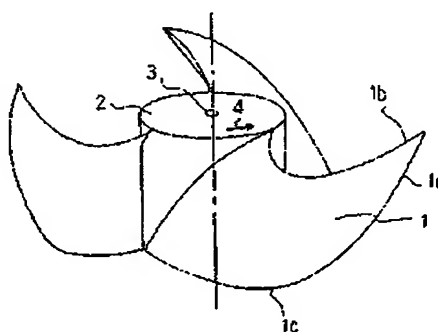
【図30】



【図26】



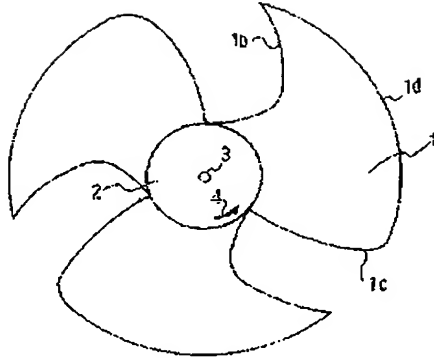
【図27】



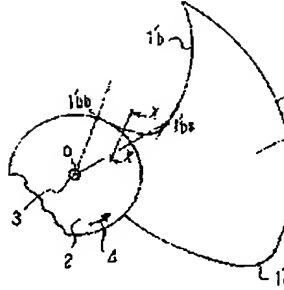
(31)

特開平9-68199

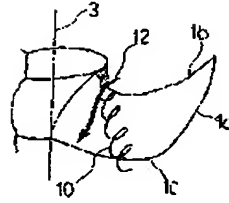
【図28】



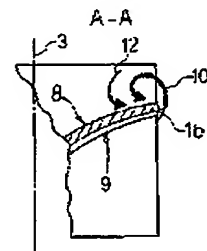
【図29】



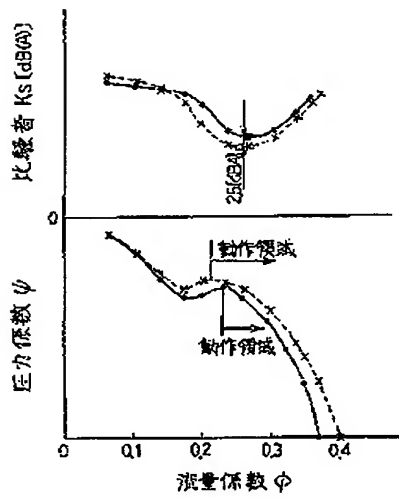
【図31】



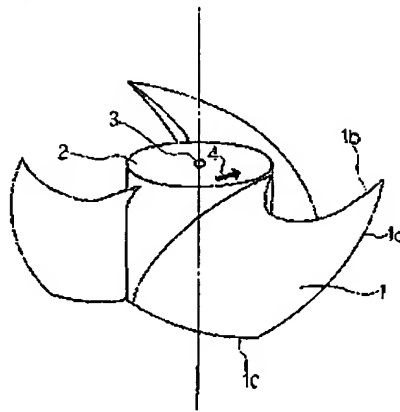
【図43】



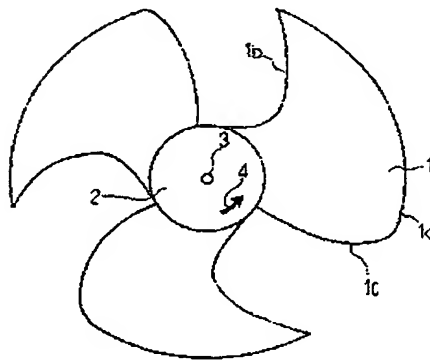
【図32】



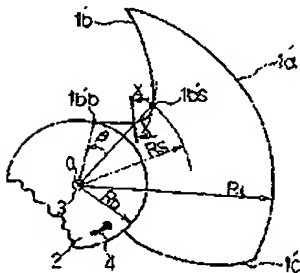
【図33】



【図34】



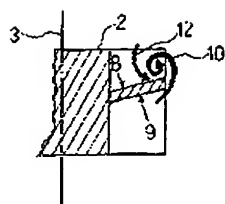
【図35】



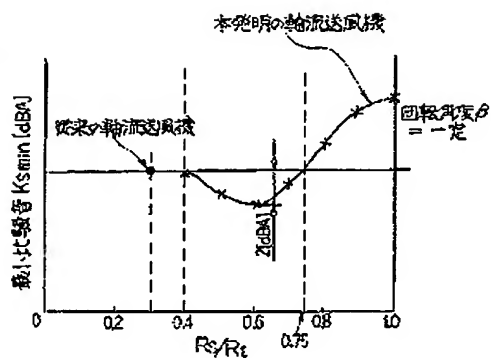
(32)

特開平9-68199

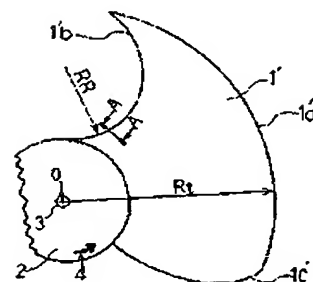
【図36】



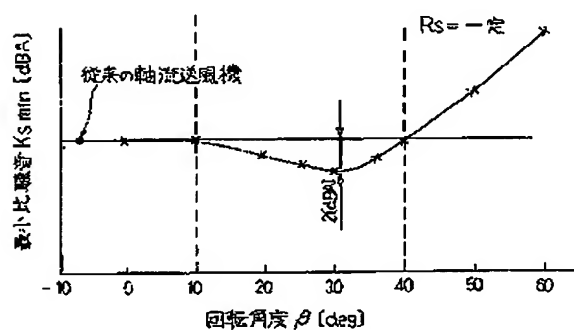
【図37】



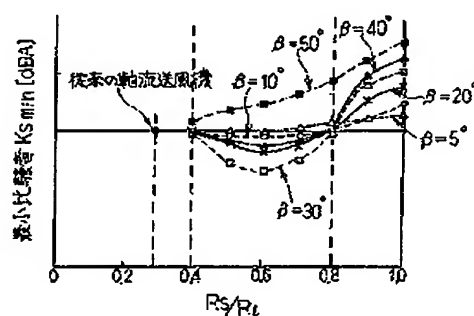
【図42】



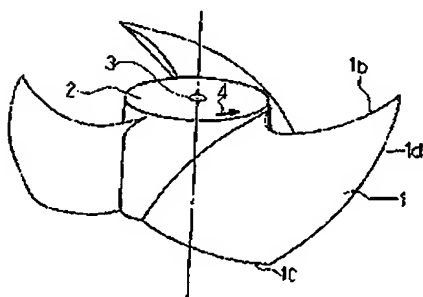
【図38】



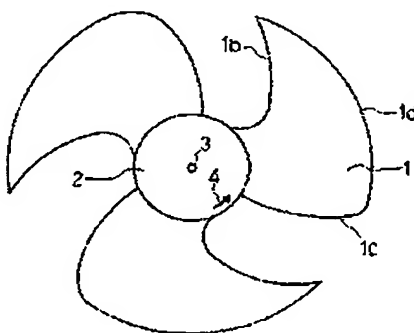
【図39】



【図40】



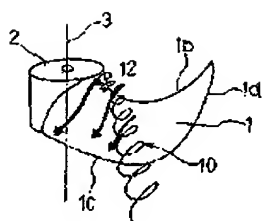
【図41】



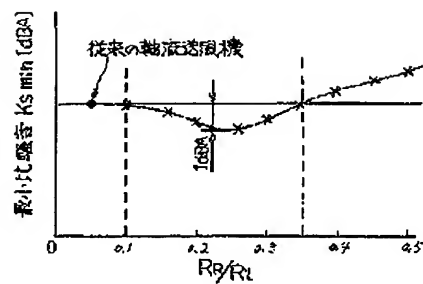
(33)

特開平9-68199

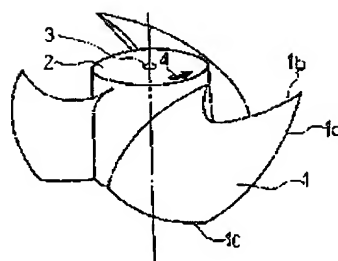
【图 4.4】



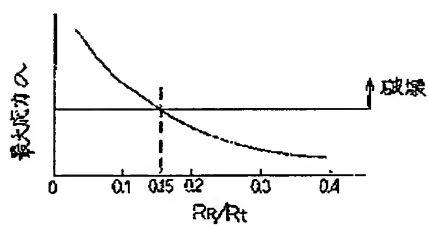
【图45】



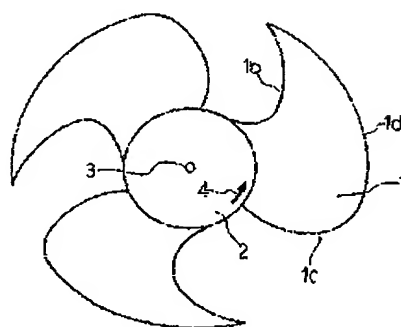
【图47】



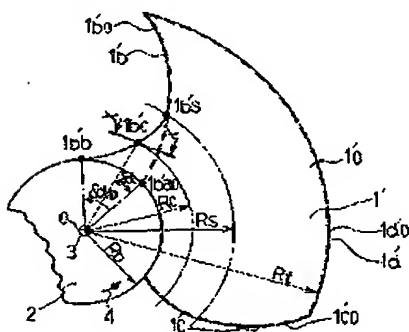
【图46】



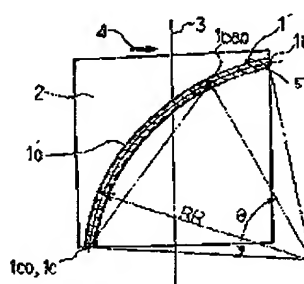
【图48】



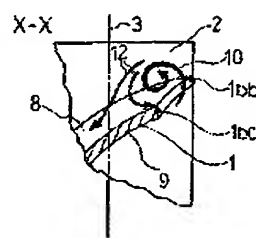
【图49】



【50】



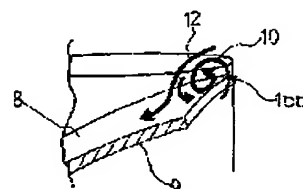
【図51】



【图52】



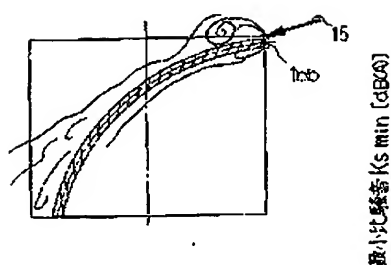
【圖62】



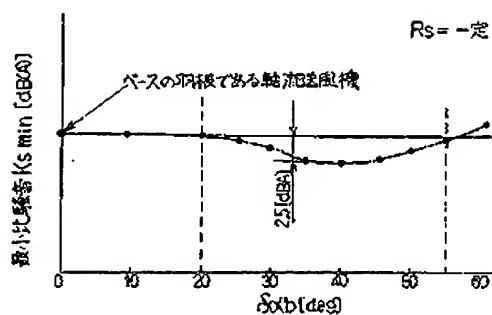
(34)

特開平9-68199

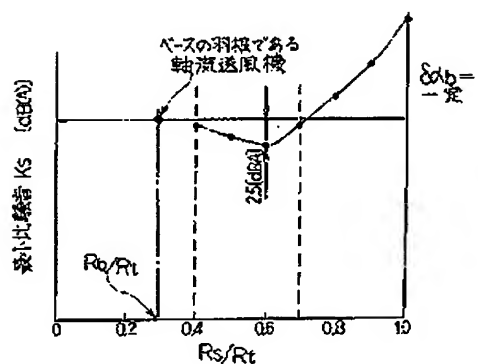
【図53】



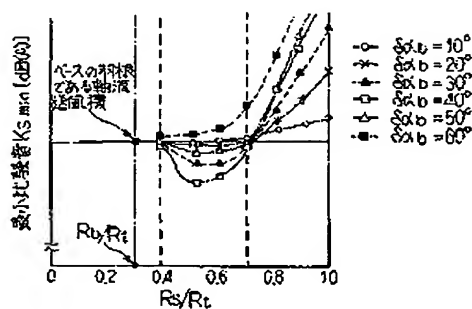
【図54】



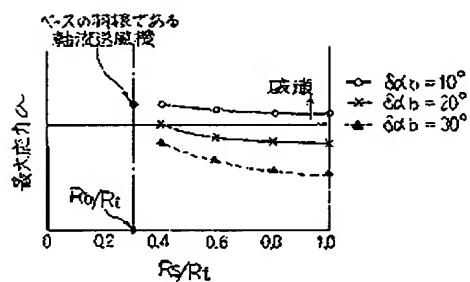
【図55】



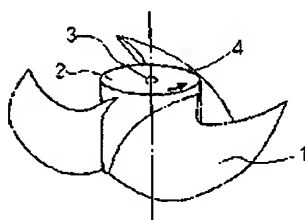
【図56】



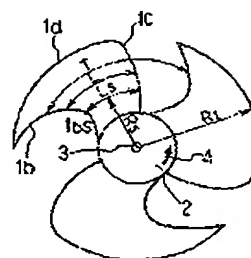
【図57】



【図58】



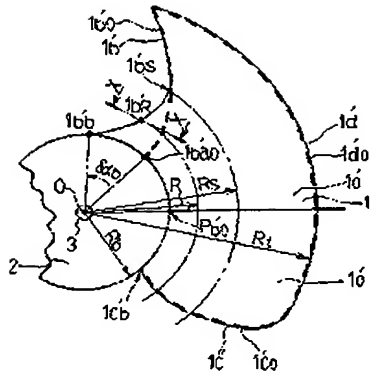
【図59】



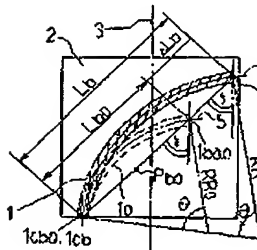
(35)

特開平9-68199

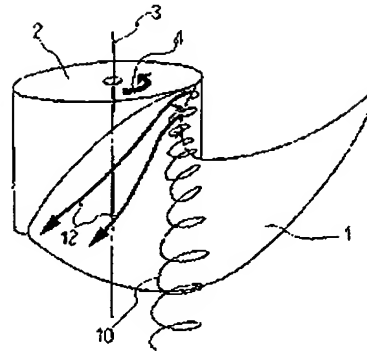
【図60】



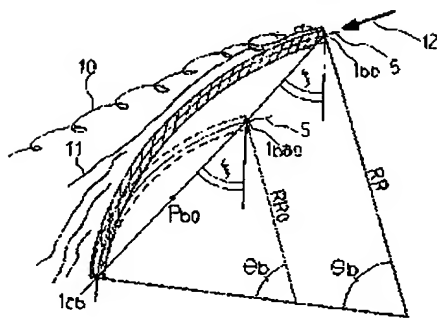
【図61】



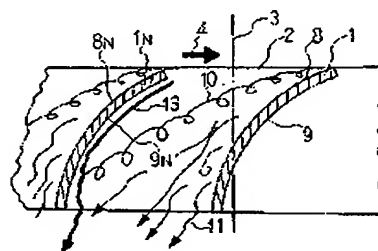
【図63】



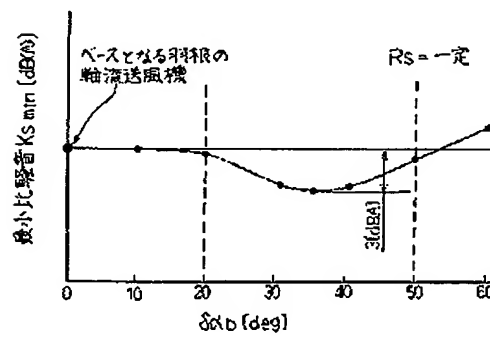
【図64】



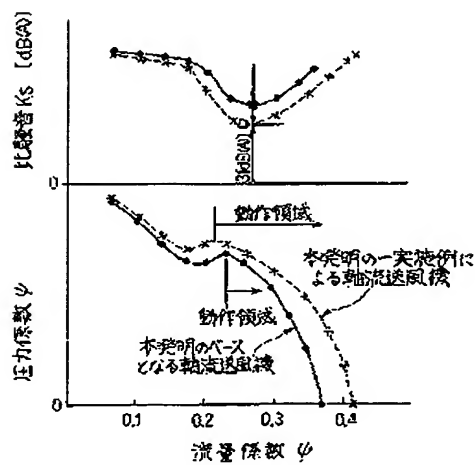
【図65】



【図67】



【図66】

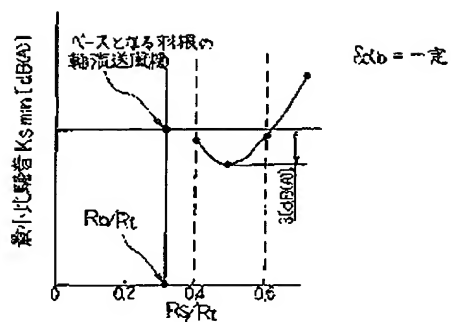




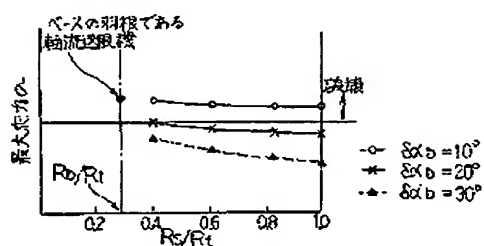
(35)

特開平9-68199

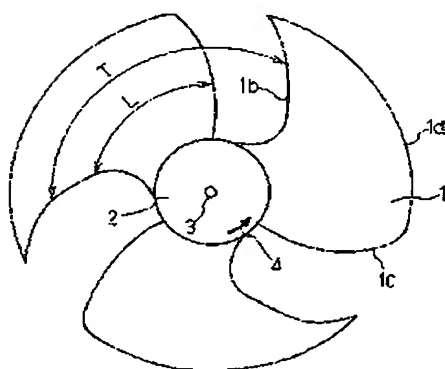
【图68】



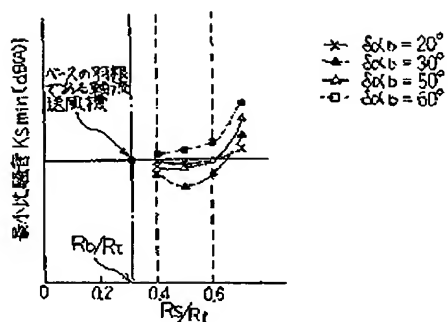
【图 7-6】



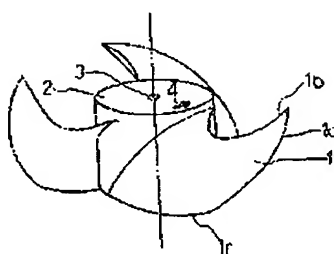
【圖 7-2】



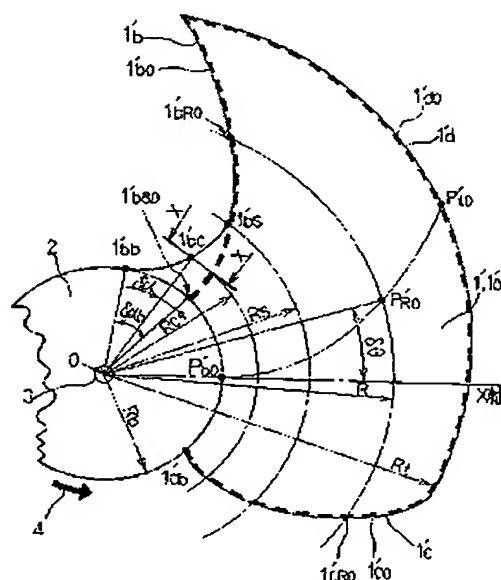
【圖 69】



【圖 7-1】

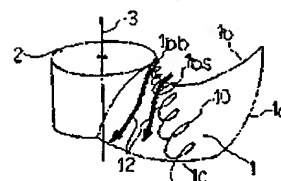


【图73】

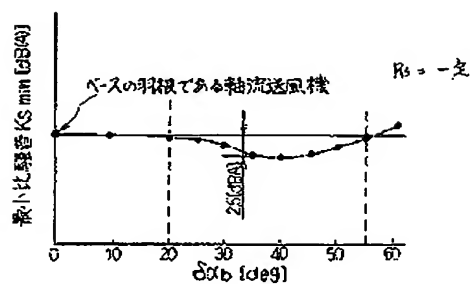


特開平9-68199

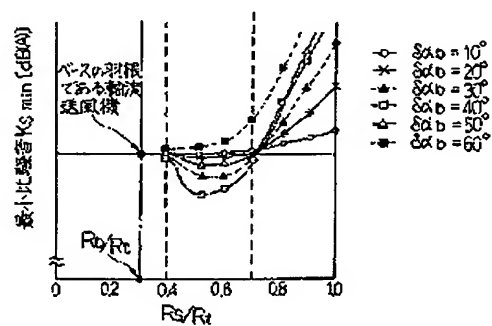
【圖 7-6】



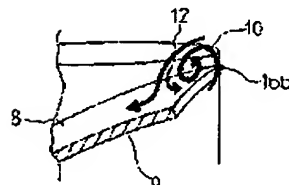
【图 7-8】



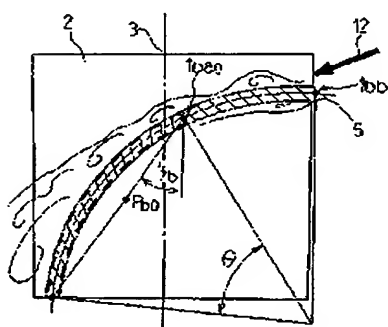
【图 8-6】



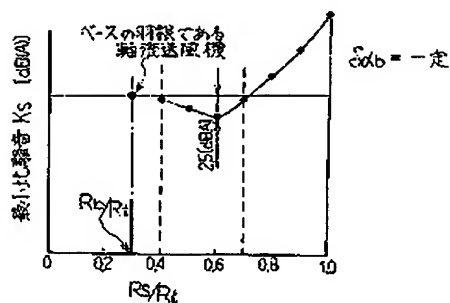
【图 86】



【圖 77】



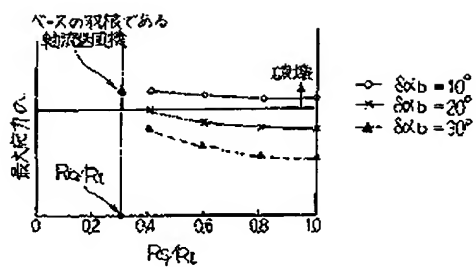
【圖 79】



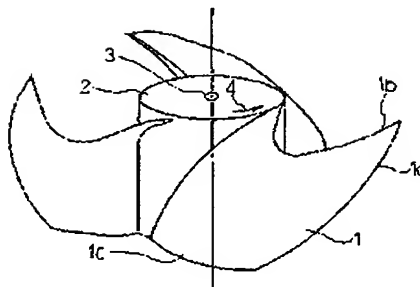
(38)

特開平9-68199

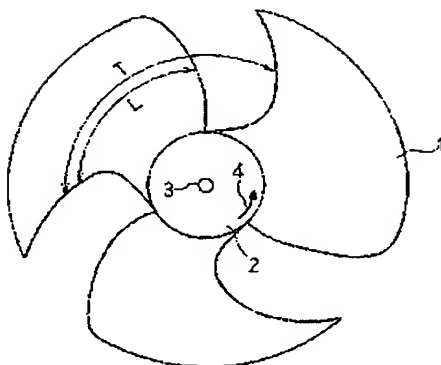
【図81】



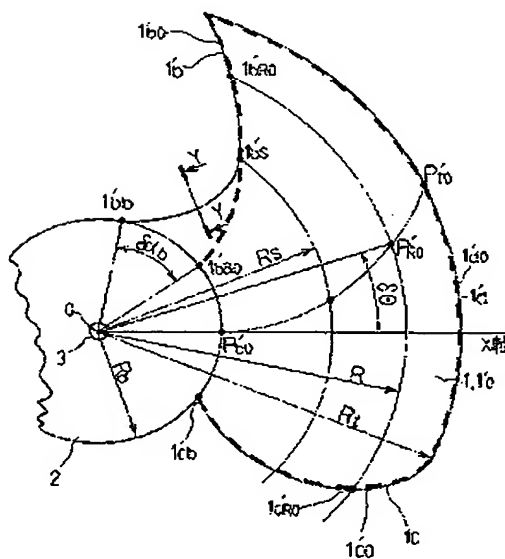
【図82】



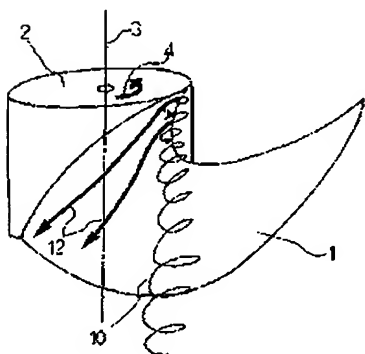
【図83】



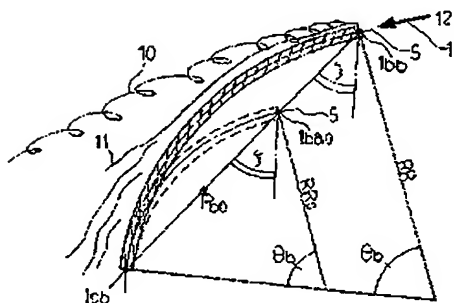
【図84】



【図87】



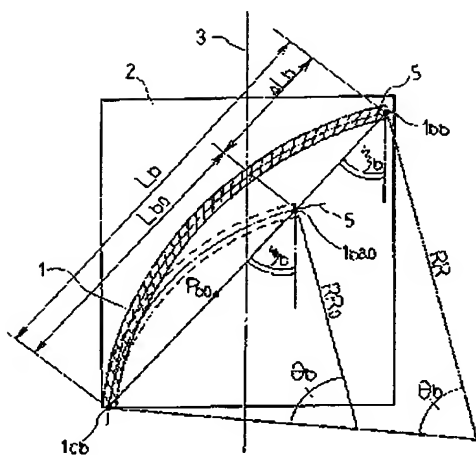
【図88】



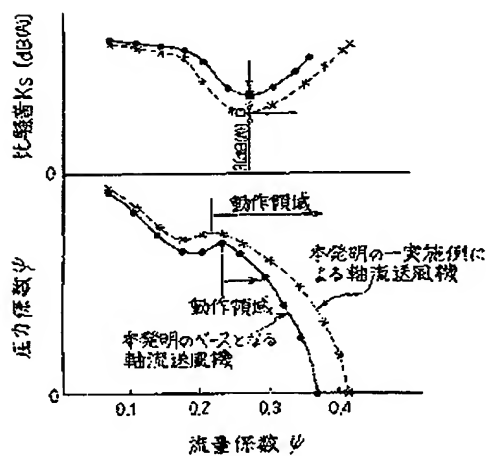
(39)

特開平9-68199

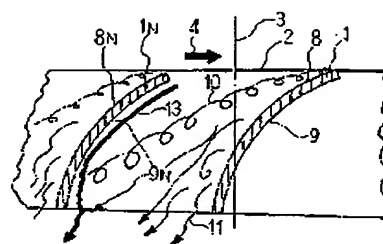
【図85】



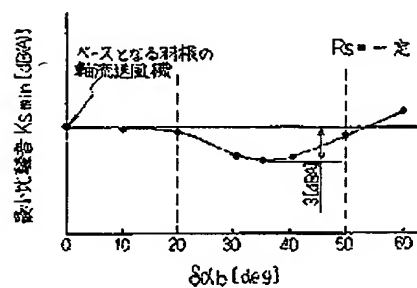
【図90】



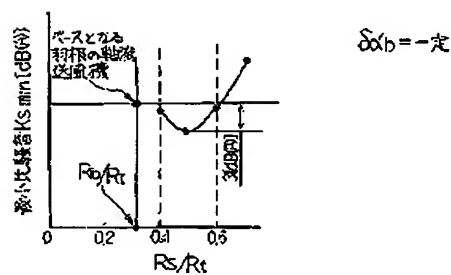
【図89】



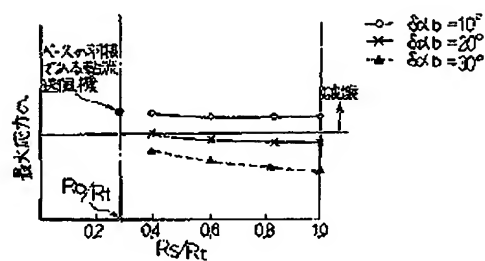
【図91】



【図92】



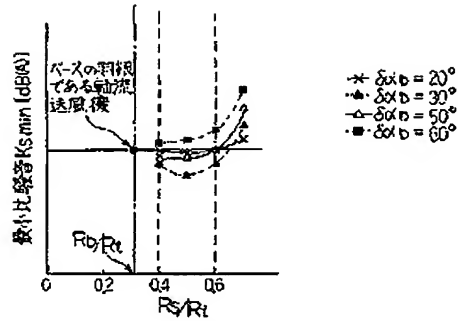
【図94】



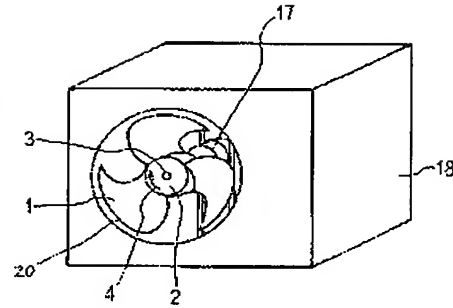
(40)

特開平9-68199

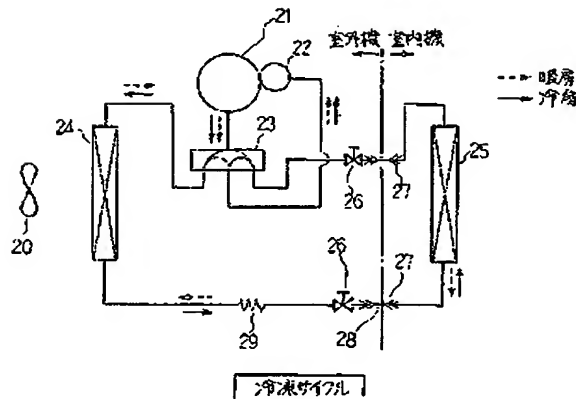
【図93】



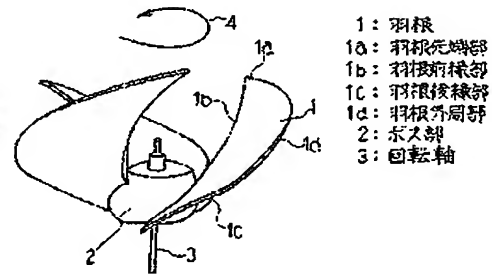
【図95】



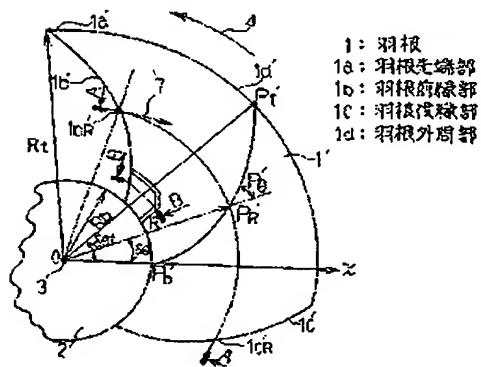
【図96】



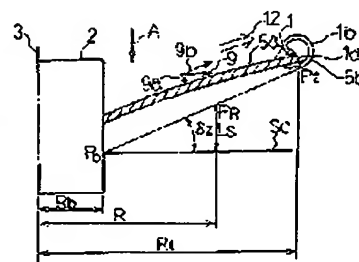
【図97】



【図98】



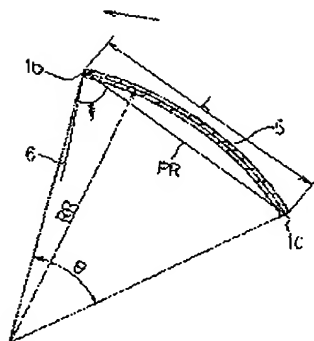
【図99】



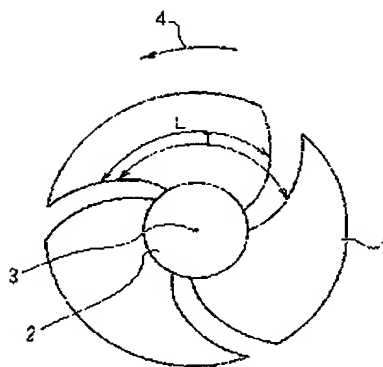
(41)

特開平9-68199

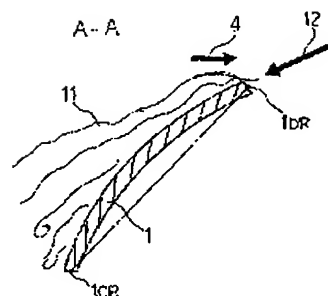
【図100】



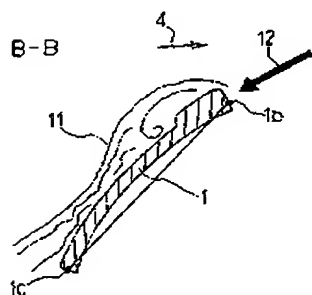
【図101】



【図102】



【図103】




---

フロントページの続き

(72)発明者 橋中 康雄  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内